N° 4 28 FÉVRIER 1938

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : L. OLIVIER (1890-1910).
DIRECTEURS : J.-P. LANGLOIS (1910-1923), L. MANGIN (1924-1937).

DIRECTEUR :
R. ANTHONY, Professeur au Muséum national d'Histoire Naturelle.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. le Docteur Gaston DOIN, 8, place de l'Odéon, Paris.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

Sur l'égalité dans la nature.

INTRODUCTION

Deux objets sont dits égaux quand ils sont identiques par rapport à leurs dimensions et à leurs propriétés internes et externes. On ne peut parler d'égalité des objets quand leur identité n'est que partielle.

Plus leurs dimensions sont petites plus les corps de même nature se rapprochent en apparence de l'identité mesurable; la limitation de nos moyens de mesure n'est pas une preuve d'égalité éventuelle. Il est entendu en effet que, si par exemple une identité se révèle au 100e de mm., elle peut être rompue au 1.000^e, et ainsi le suite.

Nous montrerons que l'égalité entre objets de même essence, de même espèce ou de variété nulle part dans la nature ne peut être révélée, celle entre espèces différentes étant inimaginable.

Déjà après nos investigations sur l'asymétrie des corps (cette Revue XLVII, 1936, 573), strictement parlé on pourrait aboutir à la même conclusion car, non seulement l'asymétrie dans la structure existe pour chaque individu ou objet dits symétriques, mais encore pour les êtres entre eux les asymétries comparables varient de l'un à l'autre.

Nous allons essayer de réunir quelques preuves, expérimentales et déductives, pour étayer notre thèse, sachant bien que nous ne révèlerons rien de nouveau. Mais nous avons pensé qu'une vue d'ensemble de la question, envisagée sous l'égide de l'esprit de laboratoire, pouvait avoir une utilité éventuelle.

LE MONDE INANIMÉ

1. Prenez du sable fin bien sec, des dunes par exemple. Dispersez sur un verre plat placé sur fond noir une petite quantité et examinez à la loupe. Vous verrez de suite qu'il n'y a pas deux grains de même forme. Tâchez d'en isoler 100 et pesez-les. Le poids global sera trouvé de l'ordre du 10e de mg., et pour chaque centaine ainsi traitée le résultat sera autre. Un seul grain pèse donc quelques 1.000^{es} de mg.; et comme il y a nécessairement dans un groupe donné de grains de sable deux ou plusieurs grains qui pour une unité de poids déterminé se révèlent identiques, ces poids égaux ne confèrent aux grains respectifs qu'une égalité partielle, leurs dimensions n'étant certainement pas identiques. Et si inversement on trouve dans le micromètre des dimensions très rapprochées, peut-être bien identiques, on peut toujours se demander et vérifier comment se comporteront au point de vue comparatif les poids correspondants. Nous ne parlons que de ces deux propriétés, poids et dimensions; il y en aurait d'autres à examiner, du même ordre physique, si c'était nécessaire.

En examinant, un peu à tous points de vue, cette question d'égalité absolue des grains de sable, on arrive tout seul à la conclusion finale qu'elle n'existe pas ou, qu'elle ne peut exister.

Or, ce qui est vrai pour ces infiniment petits — qu'on nous permette l'expression — doit l'être *a fortiori* pour les infiniment grands : par exemple les corps célestes. L'Astronomie moderne nous apprend que toutes les étoiles sont différentes, non seulement

en dimension mais aussi en éclat. Ce fait a été observé de tous temps. Il y a 19 siècles saint Paul l'écrivait de façon explicite dans sa première lettre aux Corinthiens (15 : 41), ce qui permet de croire que cette inégalité était déjà connue longtemps avant lui.

2. Nous savons encore que la formation des cristaux en général se fait de la façon la plus irrégulière, surtout si elle est spontanée; mais si dans une solution saturée chaude d'un sel on fait jouer pendant le refroidissement lent l'agitateur, on obtiendra une poudre généralement en cristaux très fins ou un conglomérat variablement tenu et tout aussi irrégulier. L'examen microscopique éventuel est là pour le démontrer, la plupart du temps sans mesure aucune.

De même si on évapore à l'air sur un verre porte-objets quelques gouttes d'une solution étendue de NaCl pur, on voit une série de cristaux carrés minuscules qui tous diffèrent d'aspect.

Prenez une solution chaude de $KClO_3$, laissez refroidir, regardez les paillettes miroitantes et abondantes qui se forment; vous verrez nettement les multiples différences.

Une réaction chimique à précipité quelconque ne donne pas davantage un produit présentant des égalités. Ainsi si on dissout 1 molécule d'CHI_3 et 5 mol. de $\beta C_{10}H_7OH$ dans l'éther sulfurique en concentration moléculaire modérée, qu'on expose le tout au soleil dans un ballon hermétiquement fermé, le liquide devient rouge d'abord, puis noirâtre; ensuite il se sépare une quantité abondante de paillettes bronzées miroitantes dans laquelle vainement on essayerait de décéler des égalités dimensionales ou de forme (le corps formé est le totyl-dijodo-céto-indène

$$C_6H_4\left\langle\begin{array}{c}CHI\\CO\end{array}\right\rangle CI.C_6H_4.CH_3,$$

Chemiker Zeitung, 19, 1895, n° 97).

On peut examiner ainsi n'importe quelle substance sous n'importe quelle condition visant la formation d'égalités dans le sens qui nous occupe, on verra constamment qu'elles ne sont pas réalisables. Cela n'est pas nécessairement dû à une imperfection de la méthode appliquée ou à un manque d'habileté suffisante — nous savons que ces choses dans les travaux sont toujours possibles — mais il paraît bien que dans le monde minéral des égalités entre objets définis, appartenant à la même collectivité ne se produisent nulle part, dans aucune circonstance, avec ou sans notre intervention.

Le monde vivant

Terrain botanique

1. Dans le monde végétal macroscopique la situation égalitaire s'éclaircit immédiatement : pas deux feuilles adultes sur un même arbre, arbuste ou herbacée ne sont exactement superposables; ni deux fleurs ni deux fruits ne donneront des mesures dimensionales ou gravimétriques égales; et par conséquent deux végétaux de la même espèce ou variété ne sont jamais identiquement égaux, alors que les Flores des différents pays sont là pour marquer minutieusement les divers groupements morphologiques du monde entier.

Pour nous en tenir aux feuilles, qu'on a facilement sous main en abondance, on pourrait supposer que pendant leur croissance elles traversent à un moment donné des phases d'égalité. Même cette éventualité ne semble pas exister. Comme illustration comparons deux feuilles d'Hédéra hélix mesurées pour la longueur et la plus grande largeur (distance entre les deux pointes des lobes supérieurs) et mesurons toutes les 24 heures :

Longueur mm. :

1. 16, 17, 21, 21, 25, 29, 30, 31, 32, 34, 35, 37, 39, 40, 40, 41..... 41
2. 16, 20, 22, 24, 26, 31, 33, 34, 35, 38, 38, 39, 39, 39, 39, 30..... 40

Largeur mm. :

1. 20, 23, 26, 31, 35, 39, 43, 46, 48, 50, 53, 55, 58, 59, 60, 60..... 60
2. 17, 20, 22, 25, 27, 31, 32, 35, 37, 38, 38, 41, 41, 41, 42, 42 42

Nous avons essayé de composer deux départs identiques pour la longueur et la largeur; on voit que cela n'a que médiocrement réussi. Mais on peut aligner ainsi autant de séries qu'on veut, elles demeurent toutes inégales en cours de croissance comparative. Et rappelons en outre que les inégalités de la forme extérieure, de la ligne comme on l'appelle, des feuilles entr'elles, sont toujours visibles à l'œil nu. Malgré nos efforts nous n'avons pas pu découvrir sur ce terrain macroscopique une égalité parfaite quelconque même approchée.

2. Au point de vue microscopique les mesures, si nécessaires, évidemment sont plus délicates, mais les résultats égalitaires demeurent encore les mêmes. Une préparation quelconque de cellules, constituant une colonie homogène si vous voulez — par exemple une coupe transversale d'une racine de Néotia nidus avis (Orchidée) que nous avions sous main, ou une quantité de diatomées de la même espèce (Astérionella, Navicula, etc.) — donneront des différences microscopiques visibles à l'œil, ou mesurables en μ. En outre, les cellules ou les tissus de la même sorte, prélevés sur des individus différents, marqueront des différences bien plus sensibles encore.

Ici encore on chercherait vainement des égalités.

Terrain zoologique

Prenez n'importe quel animal, comparez-le à plusieurs individus de son espèce pour la structure extérieure ou intérieure : ses membres et leurs parties, son squelette avec les sous-divisions, ses systèmes fonctionnels dans leur entier et leurs parties, en un

mot son anatomie et ses fonctions diverses y comprise sa capacité de travail musculaire et de réaction psychique; toujours on découvrira de type en type des différences partielles ou totales variablement profondes.

On peut descendre l'échelle, toute la lyre des vertébrés (mammifères, oiseaux, reptiles, amphibies, poissons), des arthropodes (insectes hexapodes, arachnoïdes, myriapodes, crustacés), des mollusques (céphalopodes, gastéropodes, lamellibranches), des vers (annélides, némathelminthes, platelminthes), des échinodermes (holothuries, échinoïdés, astéroïdes, ophiures, crinoïdes), des coelentérés (anthozons, polyapoméduses, spongiés), des protozoaires (sporozoés, infusoires, rhizopodes), pour ne toucher qu'à vol d'oiseau les endroits où l'on peut choisir et s'arrêter pour un examen qui généralement ne demandera pas beaucoup d'efforts, chaque fois on cherchera en vain cette égalité que nous essayons d'établir.

Evidemment nous n'avons pas examiné l'échelle animale tout entière pour affirmer ainsi un fait sous son aspect général — cette remarque étant valable pour tout terrain abordé —; mais ce que nous avons observé à ce sujet, chaque fois que l'occasion nous était donnée, semble bien nous permettre de formuler cette généralité sans crainte d'être contredite.

Quant à l'homme, qui sera un peu l'aboutissant de cette étude, nous en parlerons spécialement dans ce qui va suivre.

Les sociétés humaines

1. L'être le plus développé, partant le plus compliqué dans toutes les directions qu'on peut envisager pour le moment, est l'homme. Non seulement tous les hommes individuellement diffèrent entre eux au point de vue qualitatif et quantitatif pour la structure d'abord, pour les propriétés générales et spéciales ensuite, mais leurs groupements régionaux et ethnographiques sont comparativement marqués tous par l'absence complète d'égalités mesurables directes. Et ce qui est le plus sensiblement observable sous ce rapport est bien son psychisme.

Tout le monde sait qu'un et chacun a son « caractère » propre à lui; que les « intelligences » sont toutes différentes et distribuées entre autant de spécialités actives qu'il y a d'individus; que les « aptitudes » sont nombreuses et que chacune d'elles varie d'homme en homme; et que ce que l'on appelle la « moralité » change dans son ensemble et dans ses particularités de l'un à l'autre. Nulle part une égalité essentielle qualitative et quantitative individuelle ou de groupe. Tous ceux qui ont le sens de l'observation, dans la vie quotidienne voient clairement ces choses et les reconnaissent comme évidences, s'ils n'ont pas des motifs spéciaux souvent collectifs pour les rejeter. Car cela arrive. Il existe en effet des spécialités individuelles plutôt sentimentales qui parviennent à nier ce qui existe, qui ne tiennent aucun compte des lois naturelles si elles n'y sont obligées, et qui écartent résolument l'enseignement de ces lois s'il est opposé à leurs vues ou à leurs agissements intéressés. Ceux qui ont une vie plutôt indifférente, qui observent tout juste ce qu'ils peuvent matériellement utiliser, se sentent facilement entraînables quand ils s'imaginent que les théories hardies des fausses logiques sont des vérités qui vont les conduire vers les réalisations des aspirations secrètes de leur « âme » instable. Ils forment la majorité qualitative et quantitative des populations homogènes, en représentent les 66 % qualitatifs.

2. Ce pourcentage, qui semble nouveau dans la littérature, se retrouve dans tout groupe d'organismes de la même espèce et représente la dispersion dans la masse des propriétés médiocres des individus de moindre valeur. Les 33 % de supériorité qualitative pour une ou plusieurs propriétés dominantes chaque fois sont décelables quand on parvient à instituer une classification propre pour la ou les déterminer. Ainsi, prenant un exemple dans le monde végétal, quand on divise les graines de Sarothamnus scop. Wimm. d'après leurs trois dimensions additionnées (prises en 100e de mm.) en 5 groupes de 4, 5, 6, 7, 8 mm., on peut construire le petit Tableau suivant :

Sous-groupes mm. :					
4	5	6	7	8	
Nombre de graines :					
4	81	553	408	35	
Poids mg/10 :					
43	3901	40093	39285	3940	
Poids moyen :					
10,7	48,1	72,5	96,2	112,6	
Pourcentage :					
3,14	14,14	21,31	28,28	33,10	= 99,9

Le poids moyen le plus élevé se trouve dans le sous-groupe morphologiquement le plus développé 8, avec un pourcentage 33,10 de l'ensemble des poids des 5.

Quantitativement ce sous-groupe est toujours un des plus bas; mais il imprime à l'ensemble du groupe entier son caractère distinctif.

Nous l'avons appelé « tiers de qualité ».

On peut le déceler partout; il dépasse rarement les 33 % qualitatifs, reste souvent en dessous quand dans un groupe déterminé il s'établit plus de 5 sous-groupes. On sait en effet que la division quantitative poussée d'un ensemble d'êtres semblables fait baisser la supériorité en qualité de cet ensemble, parce que sa médiane forcément doit suivre le même mouvement, une partie variable des individus supérieurs entrant en dispersion avec les médiocres. (Voir notre travail explicite à ce sujet, avec littérature, dans Natuurwetenschappelyk Tydschrift 19, 1937, no 5. La justification de la division en 5 sous-groupes comme normale, dans Biologisch Jaarboek IV, 1937, 128; en français).

Si donc pour un motif variable on veut réaliser dans n'importe quel groupe de n'importe quel domaine, y compris le monde social des peuples, une dispersion (anormale) plus grande que 66 %, ce qui en maintes occasions est possible — il suffit de déprimer sous n'importe quelle forme les représentants des 33 % de qualité et de pousser ainsi au nivellement — on pèche contre l'ordre établi dans la nature, car ce chiffre représente la loi du phénomène naturel de la distribution des capacités entre individus de la même espèce.

3. On peut alors se demander quelles sont les conséquences de la violation des lois naturelles en général. Encore une fois la Nature, consultée dans ses faits avec discernement, va nous répondre avec précision si nous voulons comprendre. Bornons-nous au monde végétal, parce que le plus accessible.

a) Un épi de Triticum vulg. contenant 48 graines. Quatre sous-groupes d'après les mesures dimensionales, comme pour Sarothamnus exprimées en mm. : 10, 11, 12, 13. Pourcentage le plus élevé du groupe supérieur 13 du poids moyen : 33, 44.

b) Prenons maintenant un nombre plus grand de graines (390) de la même espèce, d'un produit commercial. Nous trouvons cette fois 5 sous-groupes, 9, 10, 11, 12, 13. Pourcentage du poids de 13 : 29,61 %. La dispersion a augmenté, le tiers de qualité a diminué.

c) Examinons encore un Phaseolus blanc du commerce fortement cultivé (dévié); 100 fèves. Nous trouvons 9 sous-groupes : 17 à 25 mm. Et le tiers de qualité se révèle 16,46 %.

La contre-démonstration est donnée par le calcul. En diminuant le nombre de sous-groupes on s'approchera de la valeur normale de la caractéristique; en effet *b*) réduit à 4 sous-groupes, comme l'épi, devient 34,00 %; et *c*) réduit à 5 donne 31,29 %.

Les faits nous font donc entrevoir l'influence, pour la caractéristique d'un groupe déterminé de graines, de l'augmentation de la dispersion; et si en retour on diminue celle-ci artificiellement le tiers de qualité réapparaît.

Faut-il en conclure que ce que la culture nous offre s'opère quelquefois d'après des lois différentes (*b* et *c* comparés à *a*)? Pas précisément. L'intervention intéressée de l'homme peut faire dévier de leur cours les facteurs extérieurs normaux qui, sans cela jouant librement, produiraient un résultat normal (le tiers de qualité). Par ses agissements il en introduit d'autres qui font dévier les primitifs; une nouvelle loi est intervenue avec un résultat global qu'il croit meilleur et qui en fait ne l'est pas, l'augmentation du nombre ayant fait baisser la qualité.

4. On peut encore se demander si le nombre ne peut pas suppléer à la qualité. Non n'est-ce pas? et nous ne devons pas insister. Si un esprit supérieur (mettons du tiers de qualité) est capable de résoudre et de faire comprendre dans son milieu un problème difficile, 100.000 esprits inférieurs (en dispersion variable) auraient beau se réunir et s'échiner pour réaliser la solution ou la compréhension du dit problème, jamais ils ne sauraient y arriver. Les esprits n'ont pas de pouvoir additif dans ce sens.

Ce principe naturel simple, connu de tous, n'est généralement pas mis en application. On attend toutes les solutions imaginables — en législature ou en diplomatie par ex. — dans les grandes assemblées, dont cependant seuls les membres porteurs des 33 % de qualité détiennent à l'occasion la vraie solution de la difficulté en cours. Mais souvent, trop souvent, ils sont écrasés par les 66 dispersés qui comprennent de travers ou pas du tout, mais dont cependant le vote, sur une motion donnée, a la même importance que celui de la minorité de valeur.

Nous avons vu que la nature n'opère pas ainsi. Dans les conditions normales elle affirme la supériorité. Et si nous ne voulons pas la suivre dans son enseignement nous ne pouvons que courir d'échec en échec.

Les expériences sans base scientifique, issues péniblement de réunions et de conférences multipliées — ce qui marque leur faiblesse fondamentale —, un peu dans tous les domaines se développent sans cesse sous nos yeux.

Avec les résultats que tout le monde voit.

Et que personne ne semble comprendre, au moins en apparence.

Conclusions

1. Il résulte de ce qui précède que la nature ne présente pas d'exemples comparables d'égalités absolues. Ni dans le monde inanimé, ni dans le monde vivant. Elle procède dans le développement et le comportement des êtres par bonds et différences qui varient à l'infini; et ces différences souvent peuvent être régularisées par le calcul abstrait qui montre ainsi, ou doit montrer pour nous, que le phénomène étudié est ce que nous appelons régulier, obéit à une loi mathématique.

Comme illustration de ceci mettez les deux séries végétales de croissance précédentes en courbes et vous verrez que les lignes générales qu'on peut tracer ont même allure, sans être égales, et répondent à une même formule algébrique qu'on peut chercher.

Un phénomène quelconque à mesurer dans ce sens peut cependant devenir très compliqué, car les organismes dans leur structure générale atteignent, à travers l'échelle végétale ou animale par ex., un plus grand degré de complexité, jamais de simplicité. D'où il résulte que le phénomène particulier à étudier est de plus en plus difficile à isoler, condition fondamentale pour la mesure exacte; et en même temps les différences entre individus s'accentuent et s'amplifient.

D'habitude on peut signaler dans un groupe d'êtres semblables des égalités qualitatives très générales;

c'est pour cela qu'ils sont nommés semblables; mais quantitativement elles disparaissent chaque fois.

2. La caractéristique d'un groupe homogène — c'est-à-dire la marque extérieure et intérieure qui le distingue d'autres groupes — est donnée par ses types-élites pour une propriété particulière déterminée. Leur fréquence dans le groupe, suivant une classification naturelle en sous-groupes normalement au nombre de 5, constitue toujours une minorité. Si la propriété considérée est directement mesurable on constatera chaque fois que la valeur du sous-groupe d'élite ne dépasse que rareemnt le tiers des valeurs additionnées de l'ensemble des sous-groupes (les exemples ci-haut de Sarothamnus et de l'épi de Triticum). La somme des autres valeurs graduellement descendantes des 4 autres sous-groupes constituent alors les 2/3 du tout. Ces 2/3 sont divisés sur les individus de ces sous-groupes en nombre variable, mais habituellement ils se trouvent les plus compacts vers le milieu de l'échelle.

3. L'homme dans certaines circonstances — capable de détruire tout ce qui est à portée de sa main — peut aussi faire dévier le développement différentiel des êtres en augmentant au delà des nécessités normales les soins à donner à la croissance générale qu'il va « diriger ». Il veut ainsi augmenter le nombre des élites, ou développer une élite nombreuse supérieure et nouvelle. Or, il parvient tout juste à diminuer ce qui normalement se serait produit sans intervention, au profit de la médiocrité qui devient ainsi anormalement plus nombreuse, sans plus. Il va donc à l'encontre de l'ordre créateur établi et en subit dans les conséquences le contre-coup, immanquablement et toujours.

Un exemple frappant nous en est encore donné dans l'éducation et l'enseignement publics qui de plus en plus sont organisés par les états à base de nivellement. Tous les enfants sont considérés comme égaux —, sous le couvert des « droits de l'enfant » — ou capables, par un traitement approprié, de recevoir avec le même fruit les leçons sur les matières jugées indispensables pour tous. Le résultat déjà visible ne s'est pas fait attendre : chaque année les écoles, si rien n'est camouflé pour plaire aux autorités, enregistre en majorité des déchets qui en outre lentement augmentent d'année en année. Finalement elles ne se distingueront plus par aucune qualité distinctive et présenteront toutes la même médiocrité variée incolore.

4. Non seulement l'égalité n'existe nulle part dans la nature, elle n'est pas non plus réalisable par l'homme. N'est-il pas lui-même inégal à n'importe qui, sous tous les rapports imaginables? Est-il capable de produire par lui-même deux ou plusieurs fois identiquement la même action, le même travail? Son jugement, sur un objet précis, n'est-il pas soumis à des ondulations (parfois imperceptibles) constantes?

Quant au pourquoi de ce phénomène remarquable, auquel nous sommes obligés de nous soumettre, aussi si nous avions des raisons pour ne pas le faire, on pourra indiquer beaucoup dans les différents domaines, épiloguer sans doute davantage. Mais notre but a été uniquement d'exposer quelques faits d'ordre égalitaire, non de les commenter.

Nous nous permettrons de laisser cela pour le moment au lecteur intéressé.

Anvers, fin juillet 1937.

M. C. SCHUYTEN.

REVUE D'OPTIQUE ÉLECTRONIQUE

La découverte de l'électron a été suivie de près par l'application d'une optique électronique expérimentale. On peut en effet appeler ainsi les premiers essais de déviation ou de concentration des rayons cathodiques par un champ magnétique ou électrique. Mais ce n'est qu'en 1926 que furent jetées les premières bases solides de l'optique électronique théorique par les travaux de H. Busch (1) sur la focalisation des rayons cathodiques par des champs magnétiques et électriques non homogènes mais à symétrie axiale. La méthode suivie par cet auteur était la suivante : Le problème du mouvement électronique est considéré comme un problème habituel de mécanique qui est mené à bonne fin par l'intégration des équations du mouvement. Dans la suite par une seconde méthode on a formulé *a priori* le problème des trajectoires électroniques comme un simple problème d'optique. De cette façon on a pu appliquer à l'électronique les méthodes bien développées de l'optique géométrique et faire ainsi dans le vrai sens du mot de l'optique électronique.

Depuis, cette nouvelle science a pris dans la physique moderne une place de plus en plus importante. En 1936 a eu lieu à Salzbrunn un congrès d'optique électronique qui illustrait aussi bien par les compte rendus de travaux originaux que par une exposition d'appareils et de résultats obtenus les progrès énormes réalisés au cours des dernières années. Avant d'en faire une analyse rapide précisons, en nous appuyant sur une remarquable conférence de H. Busch (2), faite à l'ouverture du congrès, les idées fondamentales qui sont à la base de l'optique électronique.

I. — **Bases et principes fondamentaux.**

Nous avons mentionné ci-dessus qu'on est arrivé à formuler le problème du mouvement électronique comme un simple problème d'optique. A vrai dire, un tel point de vue est connu depuis fort longtemps. Il y a environ cent ans déjà que Hamilton a démontré que la trajectoire d'un point matériel dans un champ de force dérivant d'un potentiel Φ et le chemin d'un rayon lumineux dans un milieu optique d'indice variable n deviennent identiques si l'on pose $n = \sqrt{\Phi}$. Mais ceci ne veut pas dire que l'optique électronique consiste uniquement dans l'application de l'analogie de Hamilton. D'une part l'application de l'optique électronique est plus étendue, puisqu'elle renferme également le mouvement électronique dans les champs magnétiques auxquels l'analogie de Hamilton ne s'applique pas à première vue, d'autre part elle est plus restreinte par le fait qu'on ne peut pas considérer des trajectoires électroniques quelconques. Comme en optique on se limite principalement à celles qui concourent à une *formation d'image*. La condition essentielle en est que les électrons, issus d'un point se retrouvent réunis, concentrés en un foyer (virtuel ou réel). Ainsi nous pouvons définir l'optique électronique comme la théorie de la concentration ou de la dispersion du rayonnement électronique concourant à la formation d'une image.

On ne pouvait donc parler d'une optique électronique comprise dans ce sens qu'à partir du moment où l'on démontrait l'existence de systèmes possédant de telles propriétés de reproduction (lentilles électroniques). La mise au point de tels systèmes s'est d'abord faite en complète indépendance de l'optique ; c'est seulement plus tard que les éléments communs ont été mis en évidence. Il faut en chercher la raison dans le fait que les lentilles optiques et électroniques ont été construites suivant des principes tout à fait différents. Pour des lentilles optiques on utilise des surfaces réfractantes, c'est-à-dire des surfaces de *discontinuité* de l'indice de réfraction; pour des lentilles électroniques par contre on a recours à des champs électriques ou magnétiques *continus*. Des surfaces discontinues de réfraction électronique devraient en effet être constituées par une double couche électrique produisant un saut de potentiel. Or ces charges électriques seraient forcément portées par des conducteurs métalliques de forme appropriée qui sous les plus faibles épaisseurs formeraient une barrière infranchissable pour les électrons.

Quelle doit donc être la configuration de ces champs continus pour qu'ils possèdent des pro-

priétés de concentration? A la première réflexion on songe à des dispositions de champ pour lesquelles les forces sont dirigées vers l'axe, c'est-à-dire soit un champ électrique radial (constitué par un condensateur cylindrique) soit un champ magnétique circulaire (produit par un fil parcouru par un courant). On a réalisé et mis en pratique des dispositifs comportant de telles configurations de champ. Cependant, indépendamment de l'effet d'ombre très gênant du fil disposé dans l'axe du faisceau électronique, elles sont en principe à rejeter. Elles ne satisfont pas en effet à une condition essentielle, à savoir qu'il est nécessaire pour une véritable concentration de réunir tous les rayons du faisceau en *un même point*. Pour que cette condition soit réalisée aussi bien pour les rayons extérieurs que pour les rayons intérieurs, il faut nécessairement que les électrons extérieurs subissent une déviation plus grande et qu'ils soient par conséquent soumis à une force plus importante. Or ceci demande que la force de déviation augmente proportionnellement à la distance r de l'axe. Dans les deux dispositifs, cités ci-dessus par contre la force agissante est *inversement* proportionnelle à r. Ils ne peuvent donc pas être considérés comme solution du problème de la véritable concentration, nécessaire à la formation d'une image.

La solution exacte du problème trouvée par H. Busch (1) est extrêmement simple. En écrivant les équations du mouvement des électrons dans un champ magnétique et électrique, on arrive en se limitant aux rayons voisins de l'axe, à l'équation différentielle suivante de la trajectoire électronique :

$$\frac{m}{2e}\frac{d^2r}{dt^2} = \Phi\frac{d^2r}{dz_2} + \frac{1}{2}\frac{d\Phi}{dz}\frac{dr}{dz} = r\left[\frac{e}{8m}H^2 + \frac{1}{4}\frac{d^2\Phi}{dz^2}\right].$$

$H = H(z)$: valeur du champ magnétique pour $r = o$
$\Phi = \Phi(z)$: potentiel électrostatique pour $r = o$

Constatons que cette équation contient bien la condition énoncée plus haut exigeant que la force radiale $m\frac{d^2r}{dt^2}$ soit proportionnelle à r. D'autre part elle est homogène et linéaire par rapport à r. Il s'ensuit que la solution des trajectoires électroniques partant d'un point de l'axe z doit être de la forme $r = C \times f(z)$ ce qui implique qu'un autre point d'intersection avec l'axe doit avoir la même abscisse z pour toutes ces trajectoires électroniques quelle que soit la valeur de la constante d'intégration C. En d'autres termes, tous les électrons issus d'un même point de l'axe, quelle que soit leur direction initiale seront concentrés en un foyer.

En tenant compte de ces raisonnements et des équations fondamentales des champs, pour lesquels l'équation différentielle ci-dessus a été établie, H. Busch a pu énoncer le théorème général suivant :

Tout champ continu magnétique ou électrostatique quelconque, possédant seulement une symétrie de rotation par rapport à l'axe du faisceau électronique, exerce sur des faisceaux étroits, c'est-à-dire sur des rayons électroniques voisins de l'axe un véritable effet de concentration et possède par conséquent des propriétés de formation d'image.

Pour être plus concrets, examinons maintenant à l'aide de deux exemples le mécanisme qui permet la concentration des rayons. Il est essentiellement différent pour les champs magnétiques et électriques.

Pour le champ magnétique l'exemple le plus simple est le champ homogène longitudinal. Dans un tel champ les électrons décrivent des trajectoires en hélice (fig. 1). Celles-ci s'expliquent



Fig. 1. — Trajectoires électroniques dans un champ magnétique longitudinal et homogène.

par le fait que, la composante longitudinale de la vitesse ne subissant aucune influence, la composante radiale, perpendiculaire au champ magnétique, subit une force transversale. De ce fait la projection du rayon électronique sur un plan perpendiculaire au champ magnétique devient un cercle. Cette force transversale qui dévie la trajectoire vers l'axe est proportionnelle à la composante radiale de la vitesse et par conséquent à l'angle initial de la trajectoire avec l'axe. Il s'ensuit que les rayons extérieurs sont déviés davantage que les rayons intérieurs et que nous sommes bien en présence d'une véritable action de concentration.

Le mécanisme est tout autre dans le cas d'un champ électrostatique.

Ici il n'existe aucune force radiale dans un champ longitudinal homogène. Par contre elle existe bien dans le cas d'un champ non homogène à symétrie axiale. En effet, il apparaît alors pour toute variation locale de la composante longitudinale E_z une composante radiale.

$$\frac{E}{r} \approx \frac{r}{2}\frac{dE_z}{dz}$$

(en absence complète de toute charge spatiale). Dans ce cas il existe donc également une force radiale proportionnelle à la distance axiale et par conséquent un véritable effet de concentration.

Illustrons ce raisonnement par un exemple direct. La figure 2 représente un dispositif fonda-

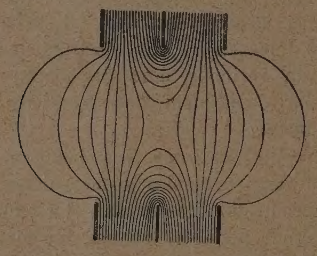


Fig. 2. — Champ de potentiel d'une lentille électrique.

mental de concentration électrostatique. Il se compose de trois diagrammes circulaires. Les deux extrêmes étant réunis entre eux, le diaphragme moyen est porté à un potentiel différent supérieur ou inférieur. On a porté sur la figure la section des surfaces équipotentielles. On constate que l'inclinaison de ces surfaces sur l'axe et par conséquent la composante radiale du champ électrique augmente avec la distance à l'axe. Mais on voit également que cette composante radiale est au milieu du dispositif de signe contraire par rapport à l'extérieur, et que par conséquent les différentes parties du système possèdent soit un effet de concentration soit un effet de dispersion. L'effet d'ensemble résulte donc de leur différence.

En appliquant l'analogie d'Hamilton, nous pouvons assimiler les surfaces équipotentielles dessinées à des surfaces de même indice de réfraction ($n =$ constante). Pour un potentiel positif du diaphragme intermédiaire n passe par un maximum au milieu du système. On peut admettre en effet en première approximation que n est constant entre deux surfaces équipotentielles, sur lesquelles il subit une variation brusque. Ces surfaces agissent donc comme des surfaces réfractantes en optique et il est aisé de se rendre compte que les surfaces intérieures courbées vers le centre ont un effet dispersif, tandis que les surfaces extérieures avec un rayon de courbure dirigé en sens inverse doivent posséder un effet de concentration. En remplaçant le diaphragme intermédiaire par une grille continue à mailles très fines on aplanit les surfaces intérieures améliorant par là considérablement le pouvoir de concentration du système.

Revenons maintenant à l'équation différentielle du mouvement électronique. Elle contient bien, comme nous l'avons fait remarquer les bases essentielles de l'optique électronique. Etant guidé par ces résultats on a réalisé des dispositifs de champs à symétrie axiale possédant en fait des propriétés de concentration et de formation d'image. Ils ont été appelés pour cette raison « lentilles électroniques », magnétiques ou électriques suivant la nature du champ utilisé. Ainsi une lentille magnétique est constituée très simplement par une bobine cylindrique parcourue par un courant qui crée à l'intérieur un champ magnétique à symétrie axiale. Nous venons de voir (fig. 2) un dispositif réalisant un type très simple de lentille électrique.

Dans la pratique pour étudier en détail de tels systèmes nous aurons besoin de connaître explicitement les trajectoires électroniques. Très difficile dans le cas général, le calcul partant de l'équation différentielle du mouvement, devient particulièrement facile pour des dispositifs appelés lentilles « courtes ». On appelle « courte » une lentille pour laquelle la longueur agissante, c'est-à-dire l'intervalle axial dans lequel les champs possèdent une intensité appréciable, est courte par rapport à la distance origine-foyer des électrons (fig. 3). On exprime ce fait mathématique-

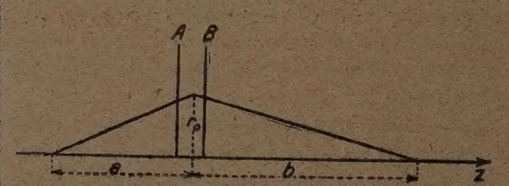


Fig. 3. — Marche des rayons dans une lentille électronique « courte ».

ment en posant dans l'équation différentielle $r = r_0 =$ constante pour l'intérieur de la lentille. Le deuxième membre de l'équation différentielle devenant alors uniquement fonction de z, l'équation devient intégrable. On arrive ainsi à l'expression algébrique des constantes optiques de ces lentilles. Citons comme exemple l'expression particulièrement simple de la distance focale f d'une lentille magnétique courte :

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} = \frac{e}{8m\Phi_0} \int_A^B \mathrm{H}^2(z)\, dz$$

$\Phi = C^{te} = \Phi_0$: énergie des électrons.

$\mathrm{H}(z)$: valeur du champ magnétique en un point z de l'axe.

II. — Développement et applications de l'optique électronique.

1. *Réalisation d'appareils électroniques ayant leur équivalent en optique.*

Après la découverte théorique des lentilles électroniques leur réalisation pratique est arrivée très

vite à un grand degré de perfection. Ainsi par des blindages appropriés en fer doux on a pu obtenir des lentilles magnétiques à très fort grossissement. La rotation de l'image obtenue par une lentille magnétique a pu être complètement supprimée par une combinaison de deux bobines parcourues par des courants de sens opposé (3). Les différents défauts des lentilles électroniques, apparaissant comme en optique dans la formation de l'image, ont pu être établis théoriquement. De cette connaissance approfondie on a pu tirer des conséquences pratiques et supprimer plusieurs défauts par un ensemble de plusieurs lentilles de constantes différentes, constitué par des électrodes supplémentaires ou plusieurs bobines parcourues par des courants différents en intensité et direction.

Les diverses lentilles étant essentiellement constituées par un dispositif créant un champ magnétique ou électrique à symétrie de rotation, leurs propriétés optiques dépendent de la disposition et de l'orientation des lignes de force du champ agissant. Or celles-ci varient soit avec la valeur relative des potentiels auxquels sont portées les différentes parties de la lentille électrique soit avec l'intensité des courants parcourant la lentille magnétique. Il s'ensuit qu'avec un même dispositif expérimental, constituant une lentille, celle-ci pourra être convergente, divergente et même devenir réfléchissante c'est-à-dire se changer en miroir. De tels miroirs ont été étudiés récemment, quant à leurs propriétés optiques par Recknagel (4) et Hottenroth (5).

Etant en possession de tels éléments optiques, plus ou moins parfaits au début, la première étape dans le développement expérimental de l'optique électronique a été la construction d'appareils semblables aux appareils d'optique. C'est ainsi que dès 1932 Knoll et Ruska ont construit par l'association de plusieurs lentilles des microscopes électroniques. Naturellement l'observation de l'image se faisait sur un écran fluorescent qui pouvait être remplacé par une plaque photographique. Il existe plusieurs types de ces microscopes utilisant des lentilles magnétiques ou électriques. Ayant décrit en détail un tel appareil et ses éléments constituants dans un précédent article paru dans cette revue (6) ne nous attardons pas sur sa description et son principe de fonctionnement. Rappelons seulement l'intérêt énorme qu'il présente particulièrement à cause de son pouvoir séparateur très élevé, surclassant à ce point de vue largement le microscope ordinaire. Ruska arrivait déjà en 1934 (7) à des grossissements de l'ordre de 10.000. Il est toutefois délicat de déterminer pour de forts grossissements le pouvoir de résolution d'un microscope électronique faute d'objets de test suffisamment petits. Dans un travail assez récent (8) F. Krause a obtenu d'intéressants clichés de diatomées présentant des stries de très petite équidistance. Il a pu observer des équidistances de 0,12 μ, dimension qui est à la limite du pouvoir séparateur du microscope optique.

Parallèlement à ce développement et perfectionnement de l'appareillage électronique ont été menées les applications nombreuses et variées s'étendant sur plusieurs domaines. Ainsi on a essayé dès la première heure d'utiliser le microscope électronique pour l'étude d'objets biologiques. La principale difficulté d'application pratique réside dans le pouvoir destructif des électrons. Peu de préparations résistent en effet à un bombardement d'électrons rapides d'une durée de quelques secondes. Mais en les imprégnant de sels métalliques (sels d'osmium par exemple), qui permettent de conserver après destruction de l'objet un squelette métallique conforme, Marton a obtenu d'intéressants clichés de tissus cellulaires (9). On peut encore éviter la destruction des préparations en les irradiant pendant le minimum de temps. Dans ce but on a cherché à supprimer la mise au point par l'observation de l'image sur l'écran et de réduire ainsi le temps d'irradiation au seul temps de pose. Par un étalonnage précis de son appareil Marton est arrivé (10), en représentant l'ensemble des résultats par un abaque, à pouvoir déterminer pour une tension donnée et un grossissement désiré immédiatement les intensités de courant nécessaires dans les lentilles objectif et oculaire. La figure 4 représente une photographie de bactéries

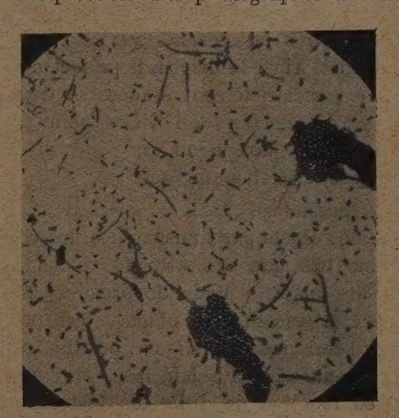


Fig. 4. — Chromobactérium prodigiosum (d'après Marton) 84 kv-0,2 mA grossissement 750 ×

obtenue dans ces conditions avec un temps de pose de 0,024 seconde.

Nous allons montrer maintenant jusqu'à quel point on arrive à pousser les analogies profondes

entre l'optique et l'électronique. On sait que d'après la théorie d'Abbe sur la formation de l'image dans le microscope il existe deux images : une image primaire ou de diffraction se formant dans le plan image de la source lumineuse et une image secondaire qui n'est autre que l'image de l'objet. Les travaux de H. Boersch (11) ont montré qu'on peut également faire apparaître dans le microscopique électronique cette image primaire de diffraction. Voici l'équivalent optique du dispositif expérimental réalisé (fig. 5). L'objet, un film

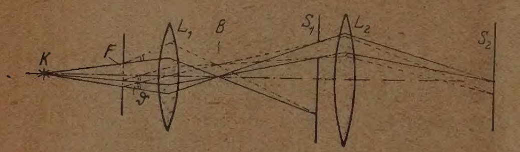


Fig. 5. — Schéma optique du dispositif électronique de H. Bœrsch (11).

métallique très mince F est irradié par un faisceau d'électrons provenant de la source K. Une première lentille électronique L_1 projette l'image agrandie du film sur un premier écran S_1. En B plan image de la source K se forme également l'image de diffraction (on a figuré le point d'intersection de tous les rayons diffractés suivant une même direction). La lentille L_2 projette ensuite sur un deuxième écran S_2 l'image de diffraction qui passe par un petit orifice de l'écran S_1. En suivant la marche des rayons nous constatons que l'image de diffraction correspond exactement à la région découpée par l'orifice dans l'image agrandie du film sur l'écran S_1. Or, comme on le sait, le diagramme de diffraction électronique donne des renseignements très intéressants sur la structure du film examiné. Ainsi le dispositif permet d'explorer en des régions strictement limitées et très petites (dépendant du diamètre de l'orifice) point par point un film mince quelconque au point de vue de sa structure cristallographique.

S'il est possible d'examiner au microscope électronique des objets par transparence, les émetteurs d'électrons tels que des cathodes incandescentes ont été des objets d'étude de premier choix. On est arrivé à résoudre la plupart des problèmes relatifs à l'émission cathodique : position et importance des centres d'émission, leurs variations d'intensité en fonction de différents facteurs (température, temps, atmosphère gazeuse ou présence de vapeurs activantes). Un des résultats des plus intéressants de ces recherches a été la possibilité de faire apparaître dans l'image la structure sous-jacente cristalline de la cathode en y déposant par évaporation une très faible couche presque monomoléculaire de certains métaux (Ba, Cs), abaissant la valeur du travail d'arrachement des électrons. On peut rapprocher cette méthode de celle utilisée en métallographie employant une attaque superficielle du métal par un acide. Cette méthode électronique nouvelle est devenue un moyen précieux pour observer des phénomènes de cristallisation à la température d'incandescence et pour suivre visuellement sur l'écran fluorescent l'évolution d'une transformation cristallographique, comme le passage du fer α en fer γ (12).

Une autre source d'électrons, la couche photoélectrique, est naturellement aussi visible au microscope électronique. En général il n'est pas possible de voir sa structure cristalline parce que les quanta d'énergie apportés par la lumière sont le plus souvent très grands par rapport aux différences des travaux d'arrachement électronique des cristaux différemment orientés de la cathode photosensible. Par contre on peut repérer et examiner facilement de très faibles couches de « crasse » sur la photocathode diminuant le rendement de celle-ci, ou encore contrôler par transparence l'homogénéité de la couche photosensible.

Parlons enfin d'une dernière source d'électrons qui a pris énormément d'importance ces dernières années à cause de ses applications que nous traiterons plus loin, c'est-à-dire les cathodes à émission secondaire. Le phénomène consiste essentiellement dans la libération d'électrons par le choc d'un rayonnement électronique incident. L'intensité de l'émission dépend des conditions d'expérience : nature du métal, énergie des électrons incidents, etc. L'émission secondaire est un phénomène tout à fait général a été considérée au début plutôt sous le seul aspect d'effet parasite à supprimer dans la plupart des dispositifs électroniques (cellule photoélectrique, lampes de T. S. F.). Dans certaines conditions on peut également rendre visible au microscope électronique la structure cristalline de telles cathodes secondaires (13), ou encore examiner leur structure dans l'épaisseur de la couche par transparence lorsqu'elles sont suffisamment minces.

En dehors du microscope on peut encore ranger parmi les appareils les plus importants de l'optique la lunette et le spectroscope. Une lunette purement électronique, qui serait naturellement comme le microscope électronique un instrument de projection pour l'observation objective, pourrait être construite sans difficulté de principe. Toutefois son emploi, à cause du pouvoir d'absorption électronique très élevé de l'atmosphère terrestre, serait pratiquement illusoire.

Le problème de l'application de l'optique électronique à la lunette ou au télescope a été du

reste considéré d'une façon toute différente par un dispositif nouveau dont nous parlerons plus loin. Enfin l'équivalent du spectroscope optique existe déjà depuis longtemps en électronique sous forme du spectrographe de masse, destiné à l'analyse de rayonnements corpusculaires, électroniques ou autres.

2. *Adaptation et perfectionnement d'appareils électroniques déjà existants.*

Longtemps en effet avant la mise au point de l'optique électronique on se servait d'appareils spécifiquement électroniques. Le tube de Braun, le spectrographe de masse, les tubes électroniques, les cellules photo-électriques, les tubes à rayons X, les appareils à diffraction d'électrons sont tous des dispositifs utilisant un faisceau ou une émission électronique. Avec l'aide de l'optique électronique on a pu mieux se rendre compte du détail du mécanisme de fonctionnement de ces appareils, définir le rôle de certains organes établis empiriquement, y adjoindre, grâce à ces connaissances, des perfectionnements tout à fait importants.

Tube de Braun. — Le tube de Braun, appelé encore tube cathodique, a été inventé il y a quarante ans. Il a pris de nos jours une importance toute particulière par son application pratique comme oscillographe cathodique et comme un des dispositifs essentiels de la télévision. Dans cette évolution il a posé trois problèmes principaux à l'optique électronique :

1° Une tache lumineuse très intense et de petite dimension;

2° Une grande sensibilité c'est-à-dire une grande déviation du spot lumineux sur l'écran pour une faible différence de potentiel appliquée à ses plaques de déviation;

3° Une grande surface de balayage.

Ces trois problèmes pourraient être considérés comme résolus si l'on parvenait à construire une optique électronique de projection, permettant la mise au point du spot sur l'écran avec des lentilles disposées à proximité de la cathode. En effet avec un tel système on pourrait rapprocher également très près de la cathode les plaques de déviation et réaliser ainsi un faisceau dévié à bras très long, ayant par conséquent une grande sensibilité ainsi qu'une grande surface de balayage.

Différents dispositifs récents correspondent tout à fait à ces conditions. On a utilisé dans ce but surtout des lentilles électriques à cause de leur simplicité de construction. Dans la plupart des cas pour obtenir un spot bien net et de petites dimensions on emploie un système d' « avant-concentration ». La source d'électrons étant en général une cathode incandescente d'une certaine dimension, on forme avec une première lentille son image très réduite sur un petit diaphragme qui sert à son tour comme objet à un deuxième système optique de projection. Décrivons comme exemple le dispositif réalisé et mis au point par Zworykin (14) pour les besoins de la télévision. Ce système (fig. 6), appelé aussi canon électronique, se compose essentiellement de deux lentilles électrostatiques qui donnent sur l'écran non l'image de la cathode, mais celle d'un point fictif situé au point de croisement des trajectoires électroniques.

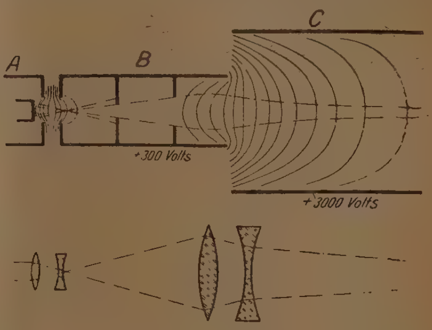


Fig. 6. — Canon électronique de Zworykin (14).

Le premier diaphragme A est une grille de contrôle, qui porté à un potentiel négatif peut diriger et limiter l'intensité électronique émise par la cathode à chauffage indirect. Les deux anodes suivantes B et C portées à des potentiels positifs différents accélèrent le mouvement des électrons, donnent au faisceau sa forme définitive et le concentrent sur l'écran sous forme d'un spot étroit. On a porté sur la figure 6 en traits fins les lignes équipotentielles du champ électrique. Elles permettent d'indiquer l'allure des trajectoires électroniques (figurées en traits pointillés). Enfin on a dessiné en dessous de la première figure le dispositif optique équivalent. Rappelons à ce propos qu'une lentille électronique possède rarement une disposition de champ à effet uniquement convergent et que nous sommes obligés de ce fait de représenter son équivalent optique par une association de deux lentilles convergente et divergente.

Le tube cathodique réalisé avec ce dispositif a trouvé sa principale application dans la télévision soit comme analyseur de l'image (iconoscope de Zworykin) soit comme organe reproducteur de l'image transmise (kinescope). Signalons à ce sujet le rôle tout à fait important que la télévision a joué dans le développement des recherches d'optique électronique. Il est évident que la production

d'un spot, qui doit rester net, de même dimension et d'intensité égale pour les plus fortes déviations sur l'écran, a exigé la mise au point de lentilles de très haute qualité. Dans ce but il fallait pouvoir corriger les lentilles électroniques qui possèdent à peu près tous les défauts des lentilles optiques (aberration chromatique, distorsion, courbure de l'image, astigmatisme, coma, aberration sphérique). Des calculs très poussés ont été faits à ce sujet par Glaser (15) et Scherzer (16). Guidé par la théorie on a pu construire des lentilles électroniques « corrigées », soit par une forme ou disposition spéciale des électrodes, soit par une association de plusieurs lentilles.

Grâce à l'ensemble de toutes ces recherches d'optique électronique, le tube cathodique a été considérablement perfectionné. Son emploi en télévision a contribué largement au bel essor de cette conquête récente de la science moderne. Les images lumineuses, nettes, à trame très fine et stables obtenues ces derniers temps constituent un progrès considérable par rapport aux résultats antérieurs de quelques années, et permettent les plus beaux espoirs de réalisation d'un ensemble pratique dans un proche avenir.

Spectrographe de masse. — L'appareil spectral de l'optique électronique est le spectrographe de masse. Il permet d'analyser l'énergie et la masse des électrons aussi bien que celles d'autres particules chargées électriquement (ions). Sous ses différentes formes il a trouvé des applications très diverses : détermination du rapport e/m des électrons ou des ions, analyse des vitesses des rayons corpusculaires émis par des préparations radioactives, analyse de masse des isotopes, etc. Comme pour le tube de Braun les besoins de plus en plus poussés de la technique moderne ont amené pour le spectrographe de masse l'introduction d'éléments de convergence. C'est seulement par là que cet appareil est devenu un véritable instrument de précision de la physique contemporaine. Décrivons un dispositif récent mis au point par M. Cartan (17) constituant un perfectionnement considérable du spectrographe de masse. Par une simple adjonction de lentille électrostatique dans un spectrographe de masse du type J. J. Thomson, Cartan obtient un gain d'intensité énorme. Cette lentille électrique est du type modifié décrit au début de cet article. Réalisée par un fin grillage isolé, disposé parallèlement et au milieu de deux diaphragmes extérieurs, elle permet une bonne concentration des rayons corpusculaires. Ainsi un faisceau d'ions positifs de 1 million de volts serait concentré à 1 mètre de distance sur une plage de l'ordre de 0,1 mm. avec une tension de 5.000 volts appliquée à la lentille. Les résultats obtenus (intensité multipliée par un facteur de 1.000) permettent une réduction énorme du temps de pose et une forte augmentation de la sensibilité de l'appareil.

Tubes électroniques. — Les analogies caractéristiques et communes des applications de l'optique électronique que nous avons passées en revue jusqu'à présent résident dans le fait que les électrons se meuvent depuis leur origine jusqu'à l'écran sur des trajectoires bien définies qui peuvent être déterminées par le calcul ou le graphique. Pour les tubes électroniques (lampes de T. S. F., valves, etc.) le problème se pose d'une façon différente. Dans ces appareils, en effet, un courant électronique (formé par un vrai nuage d'électrons) part d'une cathode incandescente cylindrique vers une anode positive. Sur son trajet une série d'électrodes positives ou négatives sont interposées et jouent de ce fait un rôle de relais ou de contrôle. Ces électrodes sont le plus souvent constituées par des grilles métalliques à mailles plus ou moins serrées ou par fils enroulés en hélice autour de la cathode. Pour ces systèmes naturellement assez complexes on a pu se servir des raisonnements et des méthodes d'optique électronique. Ainsi on peut considérer deux fils de grille parallèles comme un système de lentille électrique cylindrique. Malgré l'énorme complexité des trajectoires électroniques dans un tube à plusieurs grilles on est arrivé, avec des considérations d'optique électronique, à calculer *a priori* les caractéristiques du tube (18). Il est remarquable que l'introduction d'un élément fondamental aussi simple qu'une lentille électronique cylindrique puisse permettre l'explication des phénomènes si compliqués à première vue, dans un tube à plusieurs grilles. Il est évident que par suite de l'approximation nécessaire, négligeant les détails plus précis des dispositifs, les calculs qui peuvent être poussés jusqu'au bout, sont également approximatifs mais à un degré tout à fait suffisant pour les besoins de la technique.

Pour illustrer les indications précédentes considérons un tube bigrille schématisé par la figure 7. La cathode incandescente sous forme d'un tube cylindrique est entourée par une grille négative G et deux anodes positives A_1 et A_2. La première anode A_1 a également la forme d'une grille réalisée par un ruban enroulé en hélice. Appelons i_1 et i_2 les courants recueillis par A_1 et A_2. Deux fils voisins de la grille G peuvent être pris comme éléments d'une lentille électronique qui possède une distance focale déterminée par le rapport du potentiel de la grille à celui des anodes.

Pour une certaine valeur du potentiel de la

grille les foyers de ces lentilles se trouvent exactement au centre des intervalles de l'anode A_1 (fig. *a*).

L'anode A_2 recueillera tout le courant électronique : $i_1 = 0, i_2 = \text{maximum}$.

Une variation du potentiel grille dans le sens

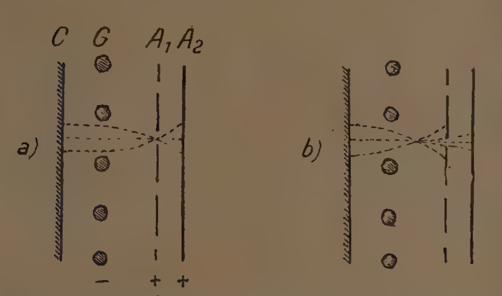


Fig. 7. — Fonctionnement d'une grille de contrôle par changement de distance focale des lentilles électroniques constituées par ses éléments.

convenable rapprochera les foyers de la grille (fig. 7 *b*) : i_1 augmente, i_2 diminue. On conçoit qu'avec de tels dispositifs on puisse par des électrodes auxiliaires appropriées réaliser des tubes possédant des caractéristiques spéciales, telles que la radiotechnique les demande.

3. *Appareils et dispositifs électroniques nouveaux.*

Dans une première phase du développement de l'optique électronique, que nous venons de passer en revue, les chercheurs se sont surtout appliqués à tirer le maximum de profit des analogies entre le rayonnement optique et électronique. Mais ayant épuisé ces possibilités et étant maintenant en possession d'une solide compréhension technique de l'optique électronique on s'est attaqué à de nouveaux problèmes ayant pour base les propriétés particulières et caractéristiques des électrons en mouvement. On est arrivé ainsi à la conception et la construction de nouveaux dispositifs électroniques.

Transformation d'images optiques en images électroniques. — Une des dernières conquêtes de l'optique électronique est la transformation d'images optiques en images électroniques. La possibilité d'une telle transformation présente un double avantage :

1° Nous ne possédons actuellement aucun moyen d'augmenter l'énergie lumineuse faible que nous recevons par exemple d'une source très éloignée. Si nous arrivions à faire correspondre à une image optique un ensemble de trajectoires électroniques concourant à la formation d'une image électronique, projetée sur un écran fluorescent, nous aurions plusieurs possibilités d'agir sur l'intensité de cette dernière. L'énergie des électrons peut en effet être facilement augmentée par une accélération de ceux-ci dans un champ électrostatique. D'autre part on pourrait encore augmenter la densité (c'est-à-dire le nombre) des électrons par des phénomènes d'émission secondaire;

2° L'image électronique serait très facile à dévier d'une manière variable quelconque et sans inertie à une fréquence aussi élevée que l'on désire par des champs variables de nature électrique ou magnétique. Cette propriété est tout à fait précieuse en télévision, comme nous le verrons plus loin.

Sur quel principe repose cette transformation d'images ? C'est évidemment l'effet photoélectrique qui en est la base et on ne pouvait certes pas aborder le problème avant sa découverte. On sait que la lumière, tombant sur certaines couches d'oxydes métalliques (alcalins en particulier) libère des électrons, dont la vitesse dépend uniquement de la longueur d'onde de la lumière incidente et dont le nombre s'accroît avec l'intensité lumineuse. Le problème essentiel d'une transformation d'images sera alors de canaliser et de faire converger sur un écran fluorescent ou une plaque photographique les électrons émis par la couche photosensible. Il est nécessaire, pour éviter toute déformation, d'avoir une correspondance exacte point par point entre les deux images. Voici les dispositifs pratiques qu'on a utilisés jusqu'à présent :

1° Un premier procédé très simple que nous pouvons comparer au tirage de positifs par contact en photographie emploie le montage suivant (fig. 8). La cathode photosensible transpa-

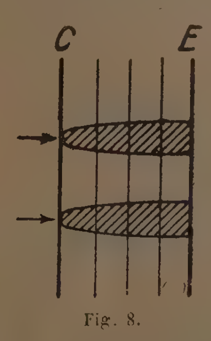


Fig. 8.

rente C et l'écran E sont disposés parallèlement très près l'un de l'autre. En portant l'écran, couvert d'une couche métallique transparente servant d'anode, à un potentiel positif on crée entre les deux conducteurs un champ électrique homogène. Les électrons émis en un point déterminé de la cathode sont amenés sur des trajectoires paraboliques peu ouvertes sur l'écran. Cette méthode

de réalisation pratique très simple, proposée il y a déjà quelques années (19) ne donne forcément que des images plus ou moins nettes suivant les conditions d'expériences;

2° Un deuxième dispositif mis au point par Farnsworth (20) pour les besoins de la télévision est représenté par la figure 9. On a toujours deux

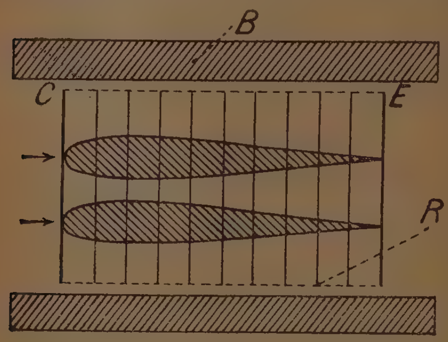


Fig. 9.

électrodes parallèles transparentes se faisant face l'une à l'autre, mais leur distance est beaucoup plus grande à cause des nécessités de montage d'organes de déviation. Le champ électrostatique produit par une différence de potentiel électrique entre l'écran E et la cathode C n'est plus homogène. On compense ce défaut par un tube cylindrique R, de grande résistance ohmique, qui, intercalé entre les deux électrodes y produit une chute de tension linéaire. Enfin on focalise les faisceaux d'électrons issus de divers points de la cathode par un champ magnétique provenant d'un long solénoïde entourant tout l'ensemble du système;

3° Une dernière méthode consiste à interposer entre la cathode et l'écran un vrai dispositif de reproduction : une ou plusieurs lentilles électroniques. Ce système représenté par la figure 10

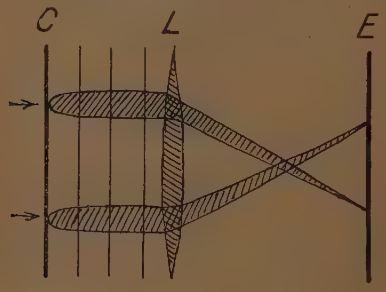


Fig. 10.

est certainement le plus parfait dans l'état actuel du développement de la transformation d'images optiques en images électroniques. L'image optique projetée sur la cathode C est reproduite nette et agrandie sur l'écran E; le grossissement dépend de la position relative de la lentille L par rapport à C et E.

Ce dispositif a été réalisé de façon différente par plusieurs auteurs. Une des premières réalisations, proposée par W. Schaffernicht (21) est la suivante (figure 11). Une cathode C, une anode A

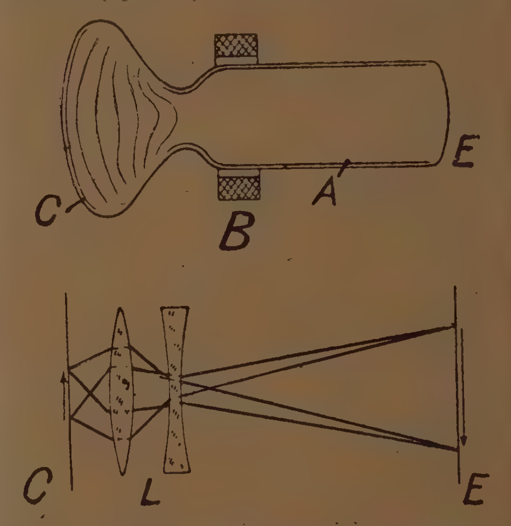


Fig. 11. — Dispositif à transformation d'images optiques en images électroniques d'après Schaffernicht (21).

et un écran fluorescent E sont disposés à l'intérieur d'un tube à vide élevé. L'image optique projetée sur la couche photoélectrique transparente est transformée en image électronique sur l'écran avec l'aide d'une lentille électrique (indiquée par les lignes équipotentielles) et une lentille magnétique supplémentaire, réalisée sous forme d'une bobine extérieure B. La forme concave de la cathode présente un double avantage : elle permet d'une part un effet de lentille électrique et d'autre part la reproduction sans défauts d'un grand domaine de la couche photosensible. On a porté en dessous de la figure le dispositif optique équivalent.

D'autres réalisations de ce principe ont fait leurs preuves expérimentales. Entre autres, citons le tube de V. Ardenne (22) comportant pour la reproduction de l'image deux cylindres anodiques et une bobine magnétique et le transformateur d'images de Zworykin et Morton (23), caractérisé par une optique uniquement électrique : cathode concave, électrodes de concentration sous forme de bagues circulaires, cylindre creux anodique, etc.

Tous ces différents appareils donnent par conséquent des images électroniques tout à fait satisfaisantes, comme on peut en juger d'après les

publications parues sur ces recherches. Mais dans quel domaine et dans quel sens ont-ils trouvé des applications pratiques ?

C'est d'abord en télévision que ces systèmes ont trouvé leur emploi naturel. On conçoit en effet les facilités d'exploration que présente une image électronique. Admettons que dans un des dispositifs décrits plus haut nous percions dans l'écran un très petit trou derrière lequel nous placerons une petite électrode isolée jouant le rôle d'organe collecteur. Elle recevra un nombre d'électrons proportionnel à l'intensité de l'image électronique en ce point. Si maintenant on dévie l'ensemble de l'image électronique suivant une loi déterminée par des champs magnétiques ou électriques variables appropriés, on pourra facilement l'explorer dans toute son étendue. Le petit collecteur d'électrons recevra un courant dont la variation constitue en quelque sorte la « traduction électrique » de l'image. On est arrivé par là à résoudre d'une manière qui présente des avantages énormes par rapport à d'autres procédés, sur lesquels nous ne pouvons pas insister, le problème fondamental de l'émission en télévision. Une autre application des systèmes à transformation d'image est indiquée par la sensibilité en lumière ultraviolette et infrarouge de certaines cathodes photoélectriques. On peut ainsi rendre visible des images infrarouges projetées sur la cathode par un appareil optique quelconque : spectroscope, lunette, microscope. De cette manière par exemple on a pu suivre au microscope des processus biologiques à l'intérieur d'un organisme vivant à travers la peau pigmentée transparente aux rayons infrarouges.

Mentionnons enfin l'ingénieuse application de la technique des transformations d'image à l'astronomie, entreprise par un astronome français M. Lallemand. Le dispositif utilisé par cet auteur (24) est démontable et on peut substituer des plaques photographiques à l'écran fluorescent. Cette technique présente un intérêt extrême pour l'avenir de l'astronomie. Elle augmente dans de larges limites les possibilités instrumentales, qu'on avait péniblement élargies jusqu'à présent par la construction de télescopes de plus en plus géants.

Multiplicateur d'électrons. — Cet appareil, une des dernières conquêtes de l'optique électronique, est basé sur l'émission secondaire, c'est-à-dire la libération d'électrons par des solides, en particulier des métaux, quand ils sont bombardés par des électrons incidents. Ce phénomène dont nous avions dit quelques mots au début de cet article, a été étudié en détail sous ses différents aspects. On est arrivé par là à former des couches d'émission secondaire de très haut rendement, par lesquelles le travail d'extraction est très peu élevé, de sorte que 8 à 10 électrons correspondent à un électron primaire incident. Voici le principe de fonctionnement d'un multiplicateur d'électrons : Des électrons incidents (provenant par exemple d'une couche photoélectrique) tombent sur une première électrode, où par émission secondaire leur nombre est multiplié par un facteur dépendant de la nature de la surface et de l'énergie des projectiles primaires. Ces électrons secondaires sont dirigés à leur tour sur une deuxième électrode où leur choc déclanchera une nouvelle émission secondaire, etc. Après avoir ainsi bombardé successivement un certain nombre de cibles, le courant électronique final est recueilli par une dernière électrode jouant le rôle de collecteur. Ce courant peut être énorme pour une faible énergie incidente. Si le facteur d'émission secondaire est R et si d'autre part le nombre d'électrodes ou d'étages est n, le courant initial I_0 se trouvera à la sortie de l'appareil multiplié par R^n. Nous constatons qu'avec un facteur d'émission secondaire de l'ordre de 10, l'amplification correspondant à six étages seulement, atteint déjà la valeur énorme de l'ordre de un million.

La mise au point de cet appareil si intéressant a demandé un concours très important à l'optique électronique. En effet, c'est elle seule qui pouvait préciser les dispositifs nécessaires à la concentration des électrons secondaires sur l'électrode suivante. Ce but a été atteint soit par des lentilles électriques (sous forme de deux cylindres creux coaxiaux portés à des potentiels différents) soit par une combinaison de champs électriques et magnétiques. C'est la dernière disposition qui a donné pratiquement les meilleurs résultats à cause de la concentration précise des électrons d'une électrode à l'autre. La figure 12 montre le schéma

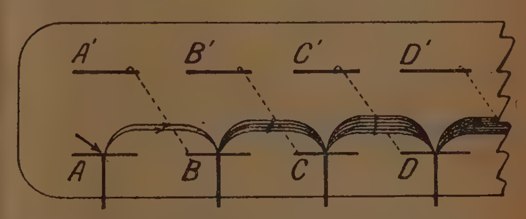


Fig. 12. — Schéma d'un multiplicateur d'électrons à émission secondaire, type Zworykin

d'un tel multiplicateur à n étages (Pour la clarté du dessin nous n'avons considéré que les quatre premiers étages et un facteur d'émission secondaire égal à deux). Il comprend deux rangées d'électrodes planes. La rangée inférieure ABCD est constituée par des électrodes à émission secon-

daire dont chacune est rendue positive par rapport à la précédente. La rangée supérieure A'B'C'D' sert uniquement à créer un champ électrostatique transversal favorisant l'extraction des électrons secondaires de la cible inférieure. Dans ce but on relie électriquement les électrodes B' et C, C' et D, etc. Un champ magnétique produit par des bobines extérieures est établi dans le tube perpendiculairement à son axe et au champ électrique transversal, c'est-à-dire perpendiculairement au plan de la figure. Sous l'influence des deux champs combinés les électrons secondaires émis décrivent des trajectoires incurvées et sont concentrés après leur passage d'une électrode à l'autre.

Le schéma de ce dispositif avait déjà été suggéré en 1919 par Slepian en vue de la réalisation d'une cathode à grand pouvoir émissif. Mais c'est encore à Zworykin (14) que revient le mérite de l'avoir réalisé en combinaison avec une cellule photoélectrique, constituée par une électrode à couche photosensible (qui remplacerait dans la figure la première cible A). Grâce aux parfaites qualités de concentration du système il a pu faire construire des multiplicateurs de douze étages sans perte de gain appréciable. Et il ne semble pas qu'on soit arrivé par là à la limite des possibilités.

Il convient de citer encore un type de multiplicateur très récent d'une conception particulièrement simple : le multiplicateur à grilles (25). Son fonctionnement est basé sur le fait d'expérience que le bombardement électronique de films métalliques très minces ou de réseaux de fils métalliques croisés libère des électrons qu'on peut faire sortir de la face opposée par une accélération appropriée. Le multiplicateur électronique sera composé très simplement par une suite de grilles à mailles très fines disposées parallèlement les unes derrière les autres et portées à des potentiels positifs régulièrement croissants (fig. 13). La con-

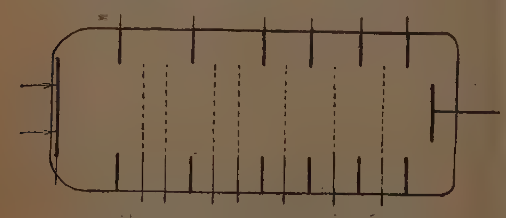


Fig. 13. — Schéma d'un multiplicateur d'électrons à grilles avec concentration électrostatique.

centration des électrons d'une grille à l'autre est réalisée en mettant tout le dispositif à l'intérieur d'une bobine magnétique ou bien en interposant entre les grilles des diaphragmes annulaires, qui portés à un certain potentiel jouent le rôle de lentilles électriques. L'expérience a montré qu'aux premiers étages une seule lentille entre un groupe de deux ou trois grilles était suffisante et que seulement les derniers étages, où s'accumule une charge spatiale plus importante, nécessitent une électrode de concentration entre chaque grille. Les avantages de ce type d'appareil résident dans sa grande simplicité de construction et son insensibilité par rapport aux champs perturbateurs extérieurs à cause des trajectoires très courtes des électrons d'une cible à l'autre. Toutefois son rendement est moindre que celui des multiplicateurs du type Zworykin.

Une partie des électrons passe en effet sans multiplication à travers les mailles de la grille et on n'arrive guère à dépasser un facteur d'amplification de quatre à cinq par étage. On atteint quand même une amplification de l'ordre de 10^8 avec 14 grilles et une tension d'accélération totale de 2.000 volts. De tels multiplicateurs montés en amplificateurs photoélectriques ont été construits en Allemagne pour les services de la télévision et y sont couramment employés avec une amplification de 10^6. A ce sujet rappelons-nous qu'il faut en effet de telles amplifications pour rendre utilisables les courants excessivement faibles qu'on obtient par exemple d'une exploration rapide de l'image électronique par le procédé que nous avons décrit plus haut.

Les différents multiplicateurs électroniques que nous avons décrits sont très stables, insensibles aux influences extérieures et possèdent une excellente courbe de réponse en fréquence. Par ces différentes qualités ils sont pour de fortes amplifications largement supérieurs à des amplificateurs habituels réalisés avec des tubes électroniques qui exigent des organes de liaison (transformateurs, capacités) et déforment de ce fait le signal initial.

Conclusion.

Cette revue succincte nous montre à quel stade fertile en réalisations est déjà arrivée l'optique électronique, dont les premières bases furent jetées il y a seulement dix ans. Cette nouvelle branche de la science moderne se trouve actuellement en plein épanouissement. Les analogies avec l'optique sont largement épuisées, les anciens appareils électroniques ont été pour la plupart adaptés et perfectionnés, on travaille avec de beaux et légitimes espoirs à de nouvelles réalisations. Les progrès récents de la télévision, dus aux systèmes à transformation d'images et au multiplicateur d'électrons, mettent en relief les possibilités de cette technique nouvelle qui est devenue un des outils les plus précieux du physicien moderne.

R. Fritz,
Assistant à la Faculté des Sciences de Besançon.

BIBLIOGRAPHIE

(1) H. BUSCH : *Annalen der Physik.*, 81, 974 (1926).
(2) H. BUSCH : *Zeitschrift fur techn. Physik.* 17, 584 (1936).
(3) H. STABENOW : *Zeitschr. f. Phys.*, 96 (1935), 634.
(4) A. RECKNAGEL : *Z. f. Phys.*, 104 (1936), 381.
(5) G. HOTTENROTH : *Ann. d. Phys.*, 30 (1937), 689.
(6) R. FRITZ : Le microscope électronique. *Revue génér. des Sciences*, 15 juin 1936.
(7) E. RUSKA : *Z. f. Phys.*, 87, 580 (1934).
(8) F. KRAUSE : *Z. f. Phys.*, 102, 417 (1936).
(9) L. MARTON : *Bull. Ac. des Sc. Belgique*, 20, 439 (1934).
(10) L. MARTON : *Bulletin Ac. royale de Belgique*. Sciences, XXII, 1936, 12.
(11) H. BOERSCH : *Ann. d. Phys.*, 27 (1936) 75.
(12) S. BURGERS et J. A. PLOOS VAN AMSTEL : *Nature*, 136 (1935), 721.
(13) M. KNOLL : *Z. f. techn. Phys.*, 16 (1935), 467.
(14) Voir à ce sujet *Onde électrique*, 15 (1936), 265.
(15) W. GLASER : *Z. f. Phys.*, 97 (1935), 177.
(16) O. SCHERZER : *Z. f Phys.*, 101 (1936), 597.
(17) L. CARTAN : *Journal de Phys.*, mars 1937.
(18) H. ROTHE et W. KLEEN : *Telefunkenröhre*, 2 (1936) 1 et 109.
(19) G. HOLST, J. H. DE BOER, M. C. FERES et F. VEENEMANS : *Physica*, 1 (1934) 297.
(20) P. T. FARNSWORTH : *Journ. Frankl. Inst.*, 218 (1934), 411.
(21) W. SCHAFFERNICHT : *Z. f. Phys.*, 93 (1935), 762.
(22) M. V. ARDENNE : *Elektr. Nachr. Techn.*, 13 (1936), 230.
(23) K. ZWORYKIN et A. MORTON : *Journ. Opt. Soc. Ann.*, 26 (1936), 181.
(24) A. LALLEMAND : *C. R. Ac. Sc.*, 203 (1936), 243.
(25) G. WEISS : *Z. f. techn. Phys.*, 17, (1936), 626.

L'OLIGOCÈNE MARIN DU BASSIN DE PARIS

L'individualité de l'Oligocène n'est nulle part marquée comme en Allemagne où, tandis que l'Eocène correspond à une phase d'émersion, l'Oligocène débute par une large transgression s'étendant sur toute l'Allemagne du Nord. A la même époque la Belgique est également recouverte par une mer qui prolonge celle d'Allemagne. Les dépôts laissés par la mer de l'Europe septentrionale sont très uniformes au point de vue des caractères lithologiques et paléontologiques. Les subdivisions y sont classiques.

L'étage inférieur (LATTORFIEN en Allemagne, TONGRIEN en Belgique) est constitué par les *Sables à Ostrea ventilabrum*, présentant dans l'ensemble des faciès nettement marins, en quelques points des faciès littoraux et même fluviatiles. L'étage moyen (RUPÉLIEN) est principalement formé par des argiles (*Argiles de Boom* en Belgique, *Septarienthon* ou *Rupelthon* des Allemands). Enfin l'Oligocène de la grande mer septentrionale d'Europe se termine par le CHATTIEN (*Sables marins de Boncelles et de Voort* en Belgique, *Sables marins de Cassel* et marnes ou calcaires lagunolacustres du *Bassin de Mayence*).

Ainsi l'Oligocène de l'Allemagne et de la Belgique correspond à un cycle de sédimentation nettement marine, débutant par une vaste transgression, et s'achevant, après le Chattien, par une régression.

Limites et subdivisions de l'Oligocène dans le Bassin parisien.

L'Oligocène est beaucoup moins nettement délimité dans le Bassin parisien qu'en Allemagne et en Belgique. Avant 1858 les géologues français réunissaient dans l'Eocène tous les dépôts du Tertiaire inférieur jusqu'au sommet des Sables de Fontainebleau. L'étude du Bassin parisien incitait, en effet, à ne faire aucune coupure importante dans les formations qui, marines, lagunaires ou lacustres, s'y succèdent dans le temps ou se remplacent latéralement dans l'espace. En particulier, après la grande phase marine du LUTÉTIEN, et l'incursion marine plus limitée de l'AUVERSIEN, le Bassin parisien est occupé par des eaux lagunaires ou lacustres qui déposent successivement au Centre du bassin, au-dessus des Sables d'Auvers le Calcaire lacustre de Saint-Ouen (BARTONIEN) puis le gypse (LUDIEN), enfin les marnes supragypseuses (SANNOISIEN). La transgression de la mer des Sables de Fontainebleau (STAMPIEN) met fin à ce long régime lagunaire.

Lorsque les géologues allemands introduisirent dans la chronologie la coupure de l'Oligocène (Beyrich, 1858), on se heurta à de grosses difficultés pour répartir les formations parisiennes entre un Eocène (*sensu stricto*) et l'Oligocène. Les Sables de Fontainebleau faisaient évidemment partie de l'Oligocène dont la limite supérieure *grosso modo* coïncide avec leur sommet. Mais où placer la limite inférieure de l'Oligocène ?

Deshayes, qui a laissé des études paléontologiques remarquables sur les faunes tertiaires du Bassin de Paris, pensait que les fossiles des marnes marines intercalées dans le Gypse représentaient une première arrivée de la faune des Sables de Fontainebleau[1] (1861-1866). Hébert s'é-

1. DESHAYES : Description des Mollusques acéphalés dans le

leva contre cette opinion. Pour lui le Gypse doit continuer à demeurer dans le Tertiaire inférieur, car s'il contient, dans les couches étudiées par Deshayes, des fossiles s'apparentant à ceux des Sables de Fontainebleau, il renferme aussi, dans des couches plus élevées, les fossiles des sables auversiens de Beauchamp[2].

Plus tard, l'idée que le Ludien devait faire partie de l'Oligocène a toujours eu ses partisans (Janet, 1903[3]; Dollfus, 1926[4]), la coupure entre Eocène et Oligocène étant placée par ces auteurs soit à la base du Gypse, soit dans le Gypse, entre la masse inférieure et la masse moyenne. Mais la majorité des géologues, après étude reprise des faunes marines du Gypse (Boussac, 1907[5]) et des faunes de Mammifères, a trouvé préférable de rattacher le Ludien à l'Eocène, et de faire débuter l'Oligocène, dans le Bassin parisien, avec la Marne bleue du Sannoisien.

Ainsi dès le début de l'Oligocène nous nous heurtons à la difficulté d'établir avec rigueur les parallélismes entre des Bassins dont les formations ne présentent pas exactement le même faciès. Cette difficulté domine toute l'étude de l'Oligocène.

Définition, limites et extension géographique du Stampien.

La seule partie marine de l'Oligocène du Bassin de Paris est constituée par les Sables et grès de Fontainebleau[6] auxquels d'Orbigny en 1852[7] donna le nom de Stampien, du nom latin de la ville d'Etampes. Très peu d'années auparavant (1849) Hébert avait, en effet, décrit plusieurs points fossilifères des environs d'Etampes.



Fig. 1. — Extension géographique des dépôts stampiens dans le Bassin de Paris.

Avec de Lapparent et Munier-Chalmas[8] dont les définitions (1893) ont été plus précises que celles de d'Orbigny, on peut faire débuter le Stampien par les premières assises qui succèdent, dans le Centre du Bassin parisien, soit au Calcaire de Brie, soit au petit niveau de calcaire marin qui, à l'Ouest, se substitue au Calcaire de Brie (Calcaire marin de Sannois). On peut, avec les mêmes auteurs, le limiter supérieurement au-dessus du niveau marin fossilifère d'Ormoy qui, aux environs d'Etampes, précède immédiatement l'établissement du régime lacustre du Calcaire de Beauce.

Bassin tertiaire de Paris. *B.S.G.F.*, (2), t. XVIII, 1861, p. 370-387.

Deshayes : Liste des fossiles recueillis par MM. Bioche et Fabre dans les Marnes à *Pholadomya ludensis* *B.S.G.F.*, (2), t. XXIII, 1866, p. 327-339.

2. Hébert : Obs. à M. Deshayes *B.S.G.F.*, (2), t. XXIII, 1866, p. 330.

3. Janet : Obs. à propos du souterrain de Meudon. *B.S.G.F.*, (4), t. III, 1903, p. 442-443.

4. Dollfus : Réflexions sur l'Oligocène *B.S.G.F.*, (4), t. XXVI, 1926, p. 9-10.

5. Boussac : Sur la faune marine de l'étage Ludien. *Feuille des Jeunes Naturalistes*, (4), t. XXXVII, 1er juin 1907, p. 158.

6. Il faut faire exception pour le petit niveau du Calcaire marin de Sannois que je crois préférable de maintenir au sommet du Sannoisien (H. Alimen. Etude sur le Stampien du Bassin de Paris. *Mém. Soc. Géol. de Fr.*, nº 31, 1936, 310 p. in-4º, 42 fig., 7 planches ; p. 9-10).

7. A. d'Orbigny : Cours élémentaire de paléontologie et de géologie stratigraphique. Paris, 1849-1852, t. II, p. 764.

8. De Lapparent et Munier-Chalmas : Note sur la nomenclature du terrain sédimentaire, *B.S.G.F.*, (3), t. XXI, 1893, p. 480.

La mer oligocène est celle des mers tertiaires qui a le plus largement recouvert le Bassin de Paris. Au Nord, à l'Est, au Centre, les sables stampiens conservés ne sont plus qu'à l'état de buttes-témoins. Au Sud (Hurepois, Gâtinais), l'assise stampienne est demeurée continue. Recouverte par le Calcaire de Beauce, elle n'affleure que dans les vallées. A l'extrême Sud (Beauce) elle n'est connue que par les sondages (fig. 1).

Stratigraphie des Sables d'Etampes.

La succession stratigraphique des niveaux du Stampien a été établie aux environs d'Etampes par Cossmann et Lambert[9] dans un travail devenu classique.

On peut actuellement résumer ainsi qu'il suit la stratigraphie des Sables d'Etampes, épais d'environ 50 m.[10].

Falun d'Ormoy.

Sables à galets de Saclas (conglomérat de régression).

Falun de Pierrefitte.

Conglomérat de Pierrefitte (conglomérat de transgression, ravinant).

Falun de Vauroux.

Sables sans fossiles.

Sables à galets d'Etréchy (conglomérat de transgression, ravinant).

Falun de Morigny.

Falun de Jeurre.

Mollasse fossilifère d'Etréchy (à la base : petit conglomérat ravinant).

Un conglomérat situé à la base de la Mollasse d'Etréchy marque le début de l'incursion marine dans la région d'Etampes. La couche ravinante dite des Sables à galets d'Etréchy (altitude moyenne 70 m.) n'a qu'une faible extension géographique, et doit être un épisode d'importance secondaire, consécutif à une émersion localisée, qui s'est produite peu après le dépôt du falun de Morigny. Le conglomérat de Pierrefitte, immédiatement postérieur au falun de Vauroux (altitude moyenne 90 m.) a une extension géographique nettement plus vaste. C'est lui, qui, au point de vue des ravinements, représente l'événement important, duquel il conviendra de tenir compte pour établir des horizons dans le Stampien. Les galets de Saclas constituent un faciès qui apparaît au sommet des sables, un peu au Nord d'Etampes. Ce faciès s'épaissit, descendant progressivement dans l'épaisseur des sables à mesure qu'on remonte la vallée de la Juine, atteint son maximum d'épaisseur dans la région de Saclas, puis diminue et disparaît à la latitude de Méréville-Sermaises. Ces galets sont le cordon littoral de la mer dans la seconde moitié du stampien. A la partie terminale de l'étage, ils ont un caractère nettement régressif. La mer revient ensuite, déposant le falun d'Ormoy en quelques points très localisés de la bordure sud-occidentale du Bassin parisien.

L'étude des ravinements conduit donc à établir dans la région d'Etampes une seule coupure importante à la base du falun de Pierrefitte.

Etude des faunes d'Etampes.

Après les études de Cossmann et Lambert, les six niveaux fossilifères d'Etampes paraissaient constituer autant d'horizons, caractérisés par des espèces spéciales. Dans quelle mesure ces espèces ont-elles réellement la valeur de fossiles de niveau ? Les incessantes oscillations du fond de la mer d'Etampes ont eu, sans nul doute, des répercussions sur le peuplement de la mer stampienne. Il convient donc de chercher à démêler, dans les variations des faunes d'Etampes, ce qui est conditionné par des variations locales de faciès et ce qui se rattache aux phénomènes d'ordre beaucoup plus général (évolution des espèces, grands changements géographiques), dont l'importance permet d'établir les coupures stratigraphiques.

Le même problème a pu être résolu, pour d'autres étages, par la comparaison des répartitions verticales des organismes aux divers points du Bassin étudié. Alors apparaissent « les fossiles de niveau », dont la répartition verticale obéit à des lois indépendantes des circonstances locales, et « les fossiles de faciès » qui sont au contraire sous la dépendance étroite du milieu. Cette méthode ne peut être appliquée au Stampien, car seule la région d'Etampes offre une succession d'assez nombreux niveaux fossilifères, dans une superposition stratigraphique indiscutable. C'était vers une sorte de « critique interne » des faunes d'Etampes que l'étude des faunes stampiennes devait s'orienter.

Pour chaque falun il est possible de reconstituer, dans une certaine mesure, les conditions du « faciès » : profondeur de la mer, agitation, salinité, température des eaux, etc..., et cela par la comparaison du peuplement des mers stampiennes avec celui de côtes actuelles où les conditions de sédimentation sont comparables, principalement les côtes sableuses et plates du Sud-Ouest de la

9. COSSMANN et LAMBERT : Etude paléontologique et stratigraphique sur le terrain oligocène marin aux environs d'Etampes. *Mém. S.G.F.*, 3e série, t. III, 1884, 188 p., 6 pl.

10. Dans ce tableau, en allant de haut en bas, on va des niveaux les plus récents aux nivaux les plus anciens du Stampiens.

France. Ces comparaisons ne peuvent évidemment porter que sur les genres. Elles doivent tenir compte surtout des données moyennes. Par exemple, en ce qui concerne la profondeur, on ne peut guère s'appuyer sur le fait que tel ou tel genre est actuellement caractéristique d'une profondeur donnée, car des coquilles peuvent, après la mort de l'animal, être transportées par des courants hors de l'habitat normal. Il est préférable de dégager la notion de profondeur des résultats moyens, fournis par l'examen de l'ensemble des genres, et d'accorder plus d'importance aux genres les plus abondamment représentés dans le falun étudié.

On conçoit que ces méthodes sont délicates et ne sont pas exemptes de risques d'erreurs. Toutefois, appliquées avec précaution, et à condition de ne pas donner à leurs conclusions un sens trop absolu, elles conduisent, pour les faluns d'Etampes, à des considérations nouvelles, intéressantes et très vraisemblables. A titre d'exemple il est reproduit ici un tableau relatif au falun d'Ormoy (fig. 2). Les genres du falun sont indiqués, avec la profondeur à laquelle vivent ces mêmes genres sur les côtes actuelles du Sud-Ouest de la France. Une notion de la valeur moyenne de la profondeur des eaux d'Ormoy se dégage nettement de ce tableau.

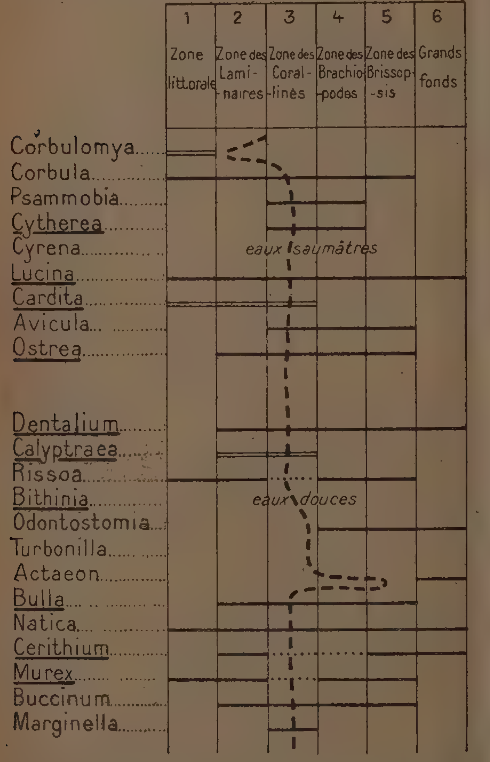


Fig. 2. — Tableau montrant la répartition, dans les mers actuelles, des genres du falun d'Ormoy. Les traits pleins sont relatifs aux côtes du Sud-Ouest de la France ; le double trait correspond aux genres méditerranéens. — La ligne discontinue souligne l'indication de profondeur moyenne donnée par les genres. Les genres les plus abondamment représentés dans le falun d'Ormoy sont soulignés.

L'étude paléoéthologique des faluns d'Etampes ainsi conduite mène aux conclusions suivantes :

La mer d'Etréchy et celle de Jeurre sont transgressives et de faible profondeur, avec persistance, à leur voisinage, de conditions saumâtres. La mer de Morigny, plus profonde, n'a plus aucun caractère transgressif ; les influences saumâtres ont disparu, et les eaux sont plus calmes que précédemment. Le falun de Vauroux correspond à une régression, la profondeur est de nouveau très faible et les influences saumâtres prennent une grande importance. Pierrefitte traduit une transgression avec des conditions de faciès très comparables à celles de Jeurre. La mer d'Ormoy, très peu profonde, correspond elle aussi à une transgression. La figure 3 schématise les variations de la profondeur des eaux stampiennes à Etampes.

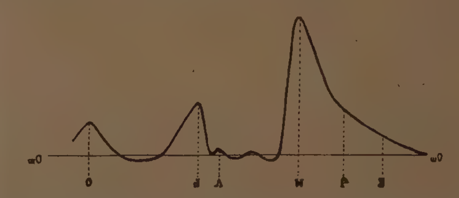


Fig. 3. — Schéma résumant les oscillations du sol dans la région d'Etampes ; E, mer d'Etréchy ; J, mer de Jeurre ; M, mer de Morigny ; V, mer de Vauroux ; P, mer de Pierrefitte ; O, mer d'Ormoy.

Les faunes des faluns d'Etampes, examinées à la lumière de ces faits, montrent alors une remarquable continuité d'Etréchy à Vauroux d'une part, de Pierrefitte à Ormoy d'autre part. Par contre à la base de Pierrefitte on constate un brusque changement. Il y a donc lieu de faire, au point de vue paléontologique comme au point de vue stratigraphique, une coupure dans cet étage, à la base du falun de Pierrefitte. *Cette coupure délimite deux horizons, Stampien inférieur, Stampien supérieur.*

A l'intérieur de chacun d'eux les modifications de faunes que l'on observe permettent de caractériser des groupes « d'espèces de faciès » spécialement marines, ou nettement saumâtres, ou liés aux mers transgressives. D'autre part les listes des « fossiles de niveau » caractérisant chacun des deux horizons peuvent être établies.

Uniformité des caractères du Stampien dans le Bassin Parisien.

Le Stampien renferme des fossiles en de nombreuses régions du Bassin parisien, mais leur état de conservation est loin d'être partout aussi satisfaisant qu'à Etampes. La vallée du Loing et la vallée de l'Essonne sont assez riches en localités fossilifères se rattachant à l'un et à l'autre horizons du Stampien. Dans la Région parisienne immédiate les gisements du Stampien inférieur sont nombreux. Bagneux, Frépillon, Montmorency, Margency, Versailles contiennent des fossiles de la base du Stampien inférieur (Marnes à Huîtres). Longjumeau, Franconville, Cormeilles-en-Parisis, Romainville, Belleville, plus à l'Ouest Montjavoult, et vers l'Est Dampmard et Pézarches correspondent à des niveaux fossilifères plus élevés du Stampien inférieur. Les environs d'Evreux, de Maintenon, de Gallardon offrent des faunes du Stampien supérieur. *L'ensemble de ces gisements révèle une très grande homogénéité des faunes stampiennes du Bassin parisien.*

Ces diverses localités fossilifères ne fournissent que la faune d'Etampes, plus ou moins appauvrie. Il n'y a pas de régions différenciées au point de vue paléontologique au Stampien.

La même homogénéité s'observe en ce qui concerne les faciès pétrographiques. Le faciès sableux, avec son faciès dérivé le grès, domine à tel point que l'expression « Sables et grès de Fontainebleau » peut demeurer dans la littérature géologique l'équivalent presque exact du terme Stampien. Sans doute, ces sables varient-ils quelque peu d'aspect à travers le Bassin, plus blancs et plus purs sur la bordure méridionale (faciès d'Etampes), en couches horizontales jaunes et ocres alternées, dans une région ouest-est au Sud de Paris (faciès de Chevreuse), jaunes et plus ou moins argileux dans le Centre, le Nord et l'Est (faciès de Fontenay). L'étude des minéraux lourds de ces sables[10] affirme et précise la remarquable homogénéité de leur composition sous ces petites variations d'aspect.

Les autres faciès lithologiques du Stampien ne sont que des cas isolés. Ce sont des *faciès calcaires marins* à divers niveaux du Stampien inférieur (dans la vallée de la Juine, la vallée du Loing, le Nord de la Brie) et du Stampien supérieur (autour de Château-Landon); des faciès *lacustres, calcaires ou marneux* à la base du Stampien inférieur (Marne à *Hydrobia* de Longjumeau), ou à la limite des deux horizons stampiens (calcaire lacustre de Darvault, près Nemours), ou vers le sommet du Stampien supérieur (calcaire lacustre des Palis, près Nemours, calcaire de la Padole, près de Soisy-sur-Ecole). Enfin il convient de remarquer que, dans certaines parties du Bassin parisien, le calcaire lacustre qui surmonte les Sables de Fontainebleau doit, par sa base, être d'âge stampien (région de Nemours, Nord et peut-être Est du Bassin de Paris).

10. H. ALIMEN et A. VATAN : Contribution à l'étude pétrographique des sables stampiens *B.S.G.F.*, (5), t. VII 1937, p. 141-162, pl. XI-XII, 3 fig., 4 tabl.

Paléogéographie des mers stampiennes.

Les Marnes à Huîtres constituent, dans le Centre du Bassin parisien, la première assise du Stampien. La mer où se sont accumulés ces dépôts semble être venue de l'Ouest, les caractères du gisement fossilifère le plus septentrional de Saint Christophe-en-Halatte ne paraissant pas rattacher les faunes parisiennes aux faunes oligocènes belges.

Cette mer a dû être limitée au Nord-Ouest par l'anticlinal du Bray, au Sud-Ouest par les bombements de Mantes et de Beynes, au Sud par celui de Dourdan. Au Sud-Est persistait le lac de Brie, qui fit quelques avancées dans la partie avoisinante du domaine des Marnes à Huîtres. En outre, la proximité de ce lac à sédimentation calcaire, se marque dans la prédominance des dépôts calcaires marins dans la zone Sud-Est des Marnes à Huîtres.

Le rivage des mers stampiennes, durant l'ensemble de cette période, peut être rétabli avec assez de précision sur la bordure méridionale du Bassin de Paris. D'Evreux à Auneau, le bombement de Houdan a bordé la mer du Stampien inférieur, mais ce dôme a été franchi par la mer du Stampien supérieur, qui a établi son rivage contre le bombement du Thymerais. D'Auneau aux environs de Château-Landon, les limites du Stampien se font en profondeur sous le Calcaire lacustre supérieur. Ici il semble que ce soit dans la première moitié du Stampien que la transgression vers le Sud ait été le plus accusée. Dans la vallée du Loing, les vestiges des anciennes lignes de rivages affleurent à nouveau ; le Stampien supérieur est transgressif par rapport au Stampien inférieur, et l'on constate des indices certains de passages du faciès marin au faciès de calcaire lacustre de la bordure, du moins en ce qui concerne le Stampien supérieur.

Il est beaucoup plus difficile, étant donnée la destruction importante des couches tertiaires par l'érosion, de reconstituer les rivages orientaux et septentrionaux. Toutefois, les caractères des dépôts dans ces régions du Bassin parisien et la comparaison détaillée des faunes stampiennes avec

les faunes rupéliennes de Belgique et d'Allemagne paraissent indiquer qu'il n'y a pas eu communication directe de la mer stampienne avec la mer du grand Bassin germano-belge. L'anticlinal du Bray, le bombement de Louvres, de Saint-Martin-du-Tertre ont visiblement joué un rôle, à un moment ou à un autre, pour déterminer l'emplacement des rivages stampiens.

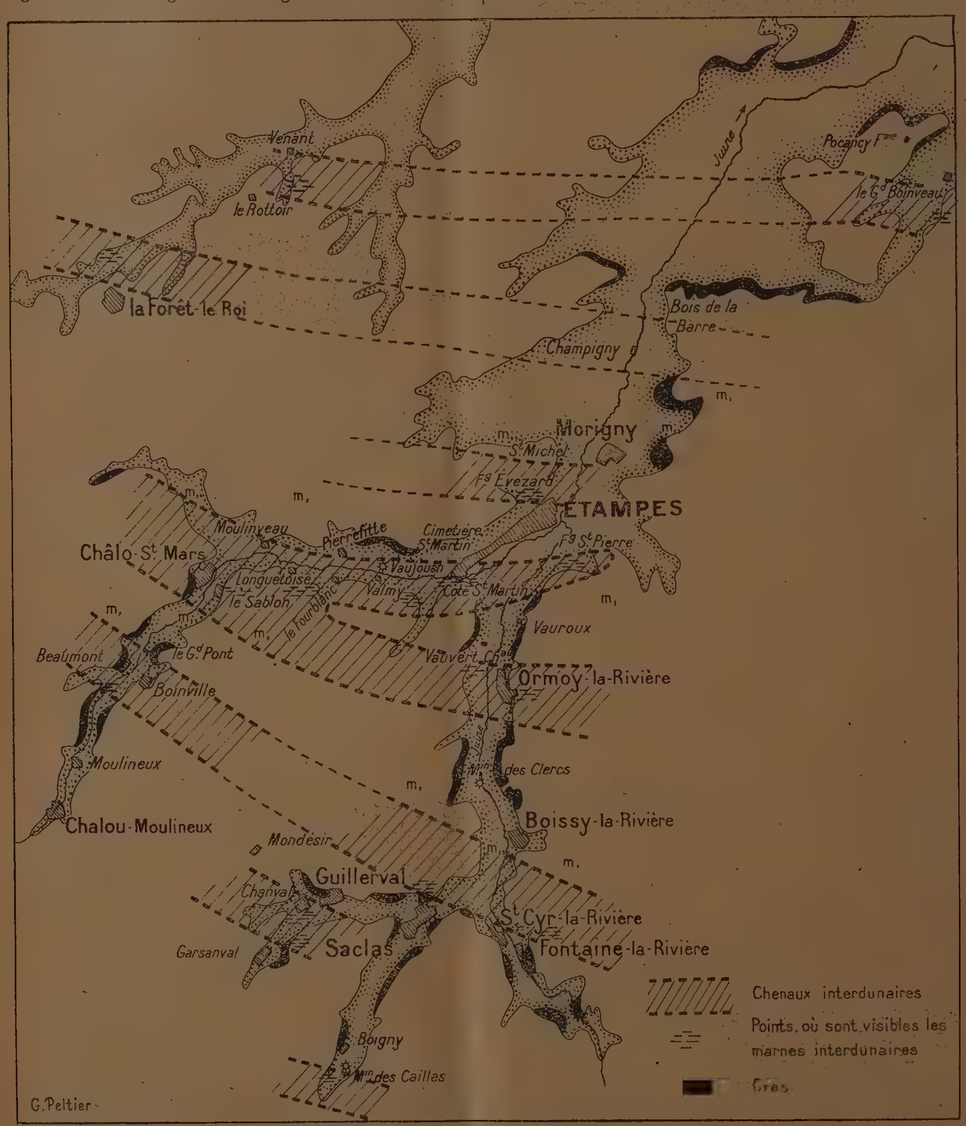


Fig. 4. — Essai de reconstitution des dunes et des bahrs de la région d'Etampes au Stampien terminal.

De cette brève esquisse des contours des mers stampiennes, se dégage la notion de l'indépendance relative de la mer du Bassin de Paris par rapport aux autres mers oligocènes. C'est, plutôt qu'une mer, un golfe d'un grand océan situé à l'Ouest, auquel se rattachent aussi plus au Sud, le bassin oligocène de Rennes et la mer du Bassin d'Aquitaine.

Un autre ordre de faits méritant d'être soulignés, c'est le rôle important qu'ont joué les bombements anticlinaux pour limiter l'extension marine dans le Bassin parisien. Une étude détaillée de la répartition des faciès montre que les dômes de l'intérieur du Bassin (dôme de la Remarde, de Mantes, de Beynes) ont délimité des régions où la sédimentation a pris quelques caractères diffé-

rentiels, nets quoique peu accentués et laissant subsister la grande homogénéité des formations stampiennes.

La tectonique du Bassin de Paris était donc établie dans ses lignes essentielles avant le Stampien.

Durant cette période *le Bassin parisien s'est comporté comme une fosse de subsidence* : toutes les faunes connues révèlent des eaux très peu profondes, les dépôts cependant atteignent 50, 60 et même 70 m. d'épaisseur ; de plus, les sables s'amincissent de façon très brusque vers les rivages. Ce sont bien les caractères d'une fosse de subsidence.

Le Bassin parisien à la fin du Stampien.

Pour expliquer la présence d'ondulations à la surface structurale supérieure du Stampien, deux théories ont été émises : celle d'un plissement post-stampien (Hébert, Munier-Chalmas, Haug), celle de l'établissement, aussitôt après le dépôt des Sables de Fontainebleau, d'un régime dunaire (Dollfus, Denizot).

La surface structurale supérieure des sables stampiens, là où elle est à la fois bien conservée par le Calcaire lacustre supérieur, et accessible aux observations (Forêt de Fontainebleau, vallée de l'Essonne, vallée de la Juine, Forêt de Rambouillet), présente des ondulations que ne réflètent nullement les couches encadrant le Stampien. La théorie du plissement est par là infirmée. Par ailleurs toute une série d'observations corrobore la théorie dunaire. Une région actuelle de dunes établies en bordure d'un lac, comme celle des rives du Tchad, offre une image de ce qu'a dû être le Bassin parisien à la fin du Stampien : une vaste étendue dunaire, bordée au Sud par le lac de Beauce. Au Nord et à l'Est du Tchad, sont des dunes entre lesquelles les eaux du lac s'avancent plus ou moins, dans des canaux interdunaires appelés bahrs. Dans ces interdunes, s'effectuent des dépôts laguno-lacustres, marno-calcaires et ligniteux, contenant une flore et une faune caractéristiques. Or, dans les parties déprimées de la surface supérieure des sables stampiens, et là seulement, on observe des dépôts lagunaires, marno-calcaires et ligniteux, dont la faune contient les mêmes genres que ceux qui existent actuellement dans les bahrs des rives du Tchad. La carte de la figure 4 est un essai de reconstitution des dunes et des bahrs de la région d'Etampes à la fin du Stampien. Elle a été établie en tenant compte de la forme ondulée de la surface supérieure des sables et de la localisation des dépôts lagunaires dans les parties déprimées de cette surface.

La présence de lits ligniteux dans les dépôts des bahrs stampiens, la coloration mauve des sables subordonnés à ces lignites, l'existence de Mollusques et de Vertébrés terrestres, enfin la découverte de galets à facettes au sommet du Stampien en plusieurs points de la région d'Etampes, sont autant de preuves d'une émersion et de l'action du vent dans le Sud du Bassin parisien, à la phase terminale du Stampien.

Animaux terrestres (Mollusques et Vertébrés), Végétaux terrestres ou de la bordure des lacs se retrouvent au sommet des sables en des localités disséminées à travers l'ensemble du Bassin parisien. L'émersion a donc été générale. La Meulière de Beauce a dû se former non dans un grand lac, mais dans les innombrables chenaux et cuvettes interdunaires, aux eaux riches en Diatomées, comme le sont actuellement celles des bahrs du Tchad. La mer d'Ormoy, postérieure à cette émersion, est localisée dans une étroite bande N-W-S-E, parallèle aux directions des dunes stampiennes, sur le bord sud-ouest du domaine stampien (d'Evreux à Etampes, et jusqu'à Gironville dans la vallée de l'Essonne).

Les caractères du sommet du Stampien fournissent quelques données sur le climat dans le Bassin parisien, qui dut être subtropical et subdésertique (colorations vives, rouges, jaunes, violettes, de la partie supérieure des sables, flore). Cette interprétation s'accorde avec les conclusions d'un important travail récemment consacré aux Insectes fossiles des terrains oligocènes de France, où l'auteur, N. Théobald, indique que « les influences tropicales de l'Eocène moyen se sont atténuées dès le début de l'Oligocène, mais que les influences subtropicales persistent durant toute cette période »[11].

La question de la formation des grès stampiens mériterait une longue discussion. Je me bornerai à quelques remarques à leur sujet. Je pense que les grès du sommet du Stampien, ceux qui donnent tout leur pittoresque aux paysages de la Forêt de Fontainebleau, se sont consolidés avant le dépôt du Calcaire de Beauce, durant la période d'émersion de la fin du Stampien. Pour preuve, je rappellerai que les grès sont localisés sous les sommets et les flancs dunaires et manquent dans les interdunes ; qu'il existe très fréquemment une petite couche de sable meuble d'épaisseur uniforme, entre le grès et le Calcaire de Beauce, ce qui est une objection à l'hypothèse de la formation du grès postérieurement au dépôt du Calcaire de Beauce et par infiltration à travers cette assise ;

11. Nicolas THÉOBALD : Les insectes fossiles des Terrains oligocènes de France. Thèse, éd. Thomas, Nancy, 1937, in-8°, 473 p., 29 planches, p. 446.

que des « cristaux de grès » se forment actuellement très vite, à la surface des éboulis sableux de sablières abandonnées ; enfin qu'il existe dans le Stampien d'autres horizons gréseux moins élevés, pour lesquels la liaison de la formation du grès avec une émersion est évidente. Au surplus les grès de ces horizons se trouvent remaniés sous forme de galets roulés dans les sables stampiens qui les surmontent.

Conclusions.

Ce résumé de l'état actuel de nos connaissances sur le Stampien du Bassin parisien met en lumière la physionomie très particulière de cette période. La tectonique du Bassin paraît s'être, à très peu près, achevée avant le Stampien. Sur les plis, récemment rajeunis, une mer s'installe, où la sédimentation est sableuse, avec des phases alternées de retrait, de retour. La profondeur en demeure toujours faible, ainsi que l'indiquent les faunes de Mollusques et aussi la large répartition stratigraphique et géographique, dans le Stampien, des restes d'un Sirénien, ami des estuaires et des marigots, le genre *Halitherium*. Une période d'émersion, plus importante que les précédentes, est le dernier épisode de l'histoire du Stampien. Le Bassin parisien est alors une vaste région, quasi-désertique, de dunes, sous un climat subtropical. Ainsi est close définitivement l'ère des dépôts marins dans le Bassin de Paris. Au Sud, sur la région orléanaise, des eaux lacustres avaient persisté durant tout l'Oligocène. Un léger mouvement de bascule ramène ces eaux, après le Stampien, sur la bordure méridionale des Sables de Fontainebleau, où se forme le Calcaire de Beauce, tandis que, plus au Nord, la Meulière de Beauce se dépose dans la nappe fragmentée des eaux interdunaires.

L'Oligocène marin du Bassin de Paris diffère notablement de l'Oligocène marin du Bassin germano-belge, où les dépôts sont nettement plus profonds et franchement marins. Malgré ces différences, la correspondance du Stampien et du Rupélien, depuis longtemps admise, est confirmée par les études récentes, avec cette réserve qu'il est très difficile d'établir le parallélisme exact des limites supérieures du Rupélien et du Stampien. Aucune formation marine du Bassin parisien ne peut être rapportée avec certitude au Chattien. On a voulu jadis attribuer la faune d'Ormoy au Chattien. Cette attribution ne repose sur aucun argument paléontologique sérieux. La faune d'Ormoy est une faune de Pierrefitte appauvrie, terme ultime de l'évolution des faunes stampiennes dans le golfe parisien. *Les faunes marines se révèlent incapables de démontrer le parallélisme des Sables de Cassel et des Sables d'Ormoy.* Il faut sans doute en conclure que les coupures établies dans l'Oligocène sont trop fines pour qu'on puisse espérer les raccorder rigoureusement d'un Bassin à un autre.

Les pages qui précèdent ont essayé de dégager la physionomie très particulière de l'Oligocène marin du Bassin parisien. N'est-on pas en droit de penser que ces caractères si spéciaux lui sont conférés par le fait que le Stampien est consécutif à une phase tectonique du Bassin de Paris, et ne peut-on concevoir que cette région est alors le théâtre, à toute petite échelle, d'événements comparables à ceux qui ont suivi le plissement hercynien à l'époque des « Nouveaux grès rouges », le plissement calédonien à l'époque des « Vieux Grès rouges », l'érection des Karélides à l'époque des grès rouges du Jotnien ?

Henriette Alimen.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences physiques.

Allard (G.). — **Polarisation diélectrique.** — 1 *vol. in-8°* des Actualités scientifiques et industrielles *de 28 pages. Hermann, Paris,* 1936 (*Prix : 10 fr.*).

Toute molécule étant constituée par des particules électrisées, on conçoit que son comportement dans un champ électrique puisse donner des renseignements intéressants sur sa structure. Or, ce comportement ne nous est révélé que par une seule donnée expérimentale : le pouvoir inducteur spécifique ou constante diélectrique du milieu. D'où le grand intérêt des mesures de constantes diélectriques et l'importance grandissante du rôle joué par ces mesures dans les études chimiques. C'est ce qui ressort nettement de l'excellente monographie de M. Allard dans laquelle l'auteur, après avoir rappelé la théorie de Clausius-Mosotti et celle de Debye, décrit

les diverses méthodes de mesure du moment électrique et expose les principaux résultats fournis par ces mesures.

Il insiste d'ailleurs sur le fait que les résultats auxquels conduit l'étude de la polarisation diélectrique doivent être interprétés à la lumière des conceptions théoriques de la mécanique ondulatoire et complétés par les résultats d'autres méthodes, notamment par ceux déduits des recherches spectrales.

A. B.

***

Mercier (Y.). — **Oscillateurs à haute fréquence.** — 1 *vol. de* 358 *pages*, 121 *fig. Delagrave, édit. Paris*, 1937. (*Prix, broché : 40 fr.; relié toile : 50 fr.*).

Cet ouvrage constitue le premier tome d'un Traité de Radioélectricité où l'auteur a condensé les résultats essentiels de son enseignement à la Faculté des Sciences de Bordeaux. Il fait suite à un premier ouvrage d'initiation sur les circuits oscillants, publié à la même librairie, et qui a rencontré bon accueil auprès du public. Dans le présent volume, les détails rigoureusement techniques ont été relégués au second plan, l'auteur se préoccupe surtout de faire comprendre la « physiologie » (c'est-à-dire le fonctionnement) des postes émetteurs radiotélégraphiques et radiotéléphoniques. Il n'a pas cru devoir passer sous silence les émissions sur ondes amorties, aujourd'hui désuètes, ni les émissions par arc, dont l'importance historique a été si grande. Mais il s'attache surtout aux oscillateurs à lampes, dont il fait une étude très approfondie et très suggestive. Les ondes très courtes, le quartz piézo-électrique, les étalonnages de fréquence, la radiotéléphonie, sont traités dans des chapitres très clairs, où tous les principes sont bien mis en lumière, et dont le lecteur tirera certainement grand profit.

Léon Bloch.

2° Sciences naturelles.

Baruch S. Levin. — **Action des Lipoïdes sur les phénomènes de la lyse** (Saponine, Bactériophage, Rayons X). — 1 *vol. in-8°* des Actualités scientifiques et industrielles, *de* 83 *pages avec figures. Hermann, Paris*, 1936. *Prix : 15 fr.*

On admet généralement aujourd'hui que si la cholestérine exerce une action inhibitrice sur l'hémolyse, la lécithine active au contraire cette transformation. On parle même souvent d'une action antagoniste entre la lécithine et la cholestérine en ce qui concerne l'action de cette substance sur l'hémolyse en indiquant que la cholestérine inhibe et la lécithine augmente toujours l'action lytique de la saponine.

Au cours des importantes recherches qu'il a effectuées, l'auteur a pu constater au contraire que la lécithine diminue l'action lytique de la saponine pour les concentrations de saponine exerçant encore un effet lytique appréciable, et que seuls, des mélanges de cholestérine et de lécithine augmentent dans des cas très spéciaux l'effet lytique de la saponine.

Il a comparé l'action de la lécithine et de la cholestérine sur la cytolyse, la bactériolyse et l'hémolyse.

Des résultats très curieux ont été obtenus en ce qui concerne la cytolyse et l'hémolyse produites par un agent physique comme les rayons X. Ainsi des Protozoaires cultivés dans des milieux de culture contenant soit de la lécithine, soit de la cholestérine, voient leur résistance à l'action lytique des rayons X sensiblement augmentée. De même l'injection ou l'ingestion de solutions de lipoïdes, augmente dans de fortes proportions la résistance aux rayons X des mammifères.

Ce sont là des propriétés extrêmement intéressantes qui sont susceptibles de conduire à des applications pratiques et qui méritent d'être prises en considération par les biologistes.

A. B.

3° Sciences médicales

Rocaz. — **L'Hygiène de l'Enfant.** — *Editeur. Delmas, Bordeaux.*

Causeries à l'usage des mères de famille où les notions les plus modernes de la médecine sont mises à profit.

Dans une première partie les besoins physiologiques de l'enfant sont parfaitement mis en évidence.

Dans une deuxième partie des notions pathologiques utiles à connaître de tous, permettront d'éviter des erreurs d'interprétations habituelles et permettront d'éviter les retards trop fréquents aux soins qu'il convient d'instituer précocement.

R. P.

4° Art de l'Ingénieur.

Dumont (R. J.). — **Le Feu chez moi.** — 1 *vol. de* 350 *pages* (*Prix : 70 fr.*).

Nombreuses sont les revues ou les associations spécialistes qui ont pour objet principal la prévention du feu et la lutte contre ce fléau.

Mais ces préoccupations sont peu en honneur chez le grand public et le chiffre important des sinistres qui éclatent et se développent chaque année en France montre éloquemment qu'on sait mal chez nous éviter le feu ou s'en défendre.

L'ouvrage de M. Dumont, très clairement rédigé et rehaussé par de saisissantes illustrations photographiques, est donc appelé, en comblant cette lacune, à rendre les plus grands services.

Il examine successivement les diverses causes possibles du feu, les moyens de protection correspondants, et l'organisation de cette protection *avant*, *pendant* et *après* le feu, avec application à l'appartement, à la villa, à l'établissement scolaire, hospitalier, commercial, industriel, agricole, etc.

C'est donc à tout homme prévoyant, sans aucune exception, que s'adresse ce véritable guide de la sécurité.

Emile Fabrègue.

5° Divers.

Bouché (Camille), **Le Travail valeur bancable.** — 1 *vol. in-12 de* 82 *pages. Edition du* Moniteur des Travaux publics et du Bâtiment. *Paris* (*Prix, broché :* 10 *fr.*).

M. Camille Bouché, rédacteur en chef du *Moniteur des Travaux Publics et du Bâtiment*, reprend dans ce petit livre et développe les idées qu'il avait d'abord exposées dans les *Annales de l'Economie Collective* (avril-décembre 1935), sous le titre : *La Renaissance économique et les traites de salaires.* L'auteur transpose sur un exemple, tiré de la branche qu'il connaît bien, l'industrie de la construction immobilière, un système économique, dû à M. Edgar Milhaud, en vue de trouver un remède au chômage, et décrit dans l'ouvrage : *Organisation des échanges et création de travail.* L'intérêt du travail de M. C. Bouché consiste dans l'application à un cas concret et précis de principes qui nous semblent parfaitement justes : Le travail est une richesse aussi importante que les produits; le salaire correspond au prix; on peut faire traite sur le travail comme on tire un effet à propos d'une vente de marchandises. Et ce mode de financement peut ainsi faciliter la reprise des travaux et aider à la réduction du chômage.

Pierre Cleroet.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADEMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 13 décembre 1937 (suite).

3° Sciences naturelles. — M. **Georges Zbyszewski** : *Découverte de nouveaux gisements de Vertébrés terrestres dans le Néogène des environs de Lisbonne (Portugal).* L'identité des faunes, dont les ossements ont été trouvés dans les terrains tertiaires de la vallée du Tage, permet de penser que les conditions du milieu continental n'ont pas varié entre le Burdigalien supérieur et l'Helvétien. La région devait être à cette époque une plaine basse séparée de la mer par un cordon littoral. Les Mastodontes apparaissent donc au Portugal, dès la fin du Burdigalien. Ils sont accompagnés par une faune assez variée, qui rappelle celle de Pontlevoy ou celle de Sansan. — Mlle **Suzette Gillet** : *Sur la présence du Pontien s. str. dans la région de Salonique.* La faune des environs de Salonique emprunte des espèces à la faune d'Odessa du Pontien russe, d'autres à la faune plus variée de Kamychbouroun (Crimée), quelques-unes enfin se rapprochent d'espèces de la région pannonique. On peut donc conclure à une communication au moins momentanée du lac nord-égéen d'une part avec le bassin euxinique, sans doute par le Sud de la Bulgarie et la Thrace, d'autre part avec l'extrémité sud du bassin pannonique. — MM. **Albert Robaux** et **Marc Bernatzky** : *Du rejeu des failles primaires pendant le dépôt des terrains secondaires en Lorraine.* Si la part des mouvements tertiaires en Lorraine et dans les Vosges est indiscutable on peut penser que des efforts tectoniques se sont fait sentir dès le début du Secondaire par le rejeu de failles affectant le socle primaire. Cette notion apporte une interprétation des variations brusques et fréquentes de faciès et de puissance des assises, que seuls des phénomènes de subsidence générale expliquaient jusqu'à présent : La sédimentation s'est effectuée dans des zones en voie d'affaissement, limitées par des failles en activité pendant que s'accumulaient les dépôts. — M. **Louis Dubertret** : *Sur le Pliocène marin des environs d'Antioche (Syrie).* — M. **Paul Bertrand** : *Sur l'apparition successive et soudaine des différents groupes de végétaux vasculaires.* — M. **Fernand Obaton** : *Variations des quantités d'eau dans le pédoncule floral du* Papaver Rhaeas *en relation avec son redressement au cours de la floraison.* La teneur en eau du pédoncule floral du Coquelicot passe par un maximum alors que celui-ci, encore pendant, va se redresser ; l'évaporation intense que provoque l'épanouissement à l'air, en augmentant les surfaces libres de la fleur, empêche ou tout au moins retarde de plusieurs jours le redressement du pédoncule. — MM. **Marin Molliard** et **Robert Echevin** : *Sur la sécrétion des Caryophyllées attrape-mouches.* Les Caryophyllées peuvent présenter une série de sécrétions localisées dans la partie supérieure de la plante et consistant essentiellement en une matière sucrée ou en des principes, oléo-résines et cires, dérivant des sucres dans des organes qui sont en contact direct avec l'air. Les caractères essentiels de ces sécrétions varient légèrement d'une espèce à l'autre, en même temps que se modifie la disposition histologique ; les deux ordres de variations sont d'ailleurs indépendants et l'on peut remarquer que les cellules épidermiques sécrétrices de sucre (ovaire du *L. Githago*) sont entièrement comparables aux cellules épidermiques sécrétrices du *Silene Muscupula*. — Mlle **Madeleine Friant** : *Interprétation du cerveau de l'Hippopotame par l'étude d'un stade embryonnaire.* Le cerveau de l'Hippopotame se caractérise principalement par : 1° l'aspect rectiligne de l'ensemble de ses sillons néopalléaux, comme chez les Artiodactyles sélénodontes (Ruminants) et contrairement à ce que l'on observe chez les Suidés, Artyodactyles bunodontes comme l'Hippopotame ; 2° l'étalement antéro-postérieur, comme chez les grands ruminants du complexe sylvien ; 3° le grand développement du *gyrus arcuatus* n° 2 subdivisé en deux étages par les sillons γ et δ. C'est cette extension en hauteur du *gyrus arcuatus* n° 2 qui fait que la *suprasylvia* est reportée si près de la scissure interhémisphérique et n'avait point été reconnue jusqu'ici. — M. **Marc Romieu**,

Mlle **Gabrielle Linas** et M. **Georges Jullien** : *Caractères morphologiques du réseau de Purkinje du cœur de l'homme.* On trouve, chez l'homme, un réseau sous-endocardique formé de fibres spéciales, développé surtout au niveau des ventricules et qui représente la terminaison du système atrioventriculaire. Ces fibres appartiennent au type des fibres purkiniennes longues ou des fibres de transition, comme celles observées dans le faisceau de His. Par endroits, elles sont du type des fibres purkiniennes courtes avec myofibrilles intriquées. Les fibres de ce réseau se rapprochent assez par leur structure des fibres myocardiques ordinaires ; mais elles s'en distinguent cependant par leur taille, l'abondance de leur sarcoplasme, leur faible sidérophilie, la localisation généralement corticale des sarcostyles, la disposition souvent enchevêtrée des myofibrilles. — MM. **Baruch Samuel Levin** et **Leo Olitzki** : *Diminution de l'action pathogène de quelques souches microbiennes cultivées dans un milieu lécithiné.* La culture de huit espèces microbiennes appartenant au groupe *Typhus-Coli* et au groupe dysentérique, dans un milieu liquide contenant de la lécithine colloïdale, entraine la disparition partielle ou totale de l'action pathogène de ces bactéries vis-à-vis de la souris. L'atténuation de cette action pathogène est très marquée lorsqu'on injecte à l'animal des doses microbiennes moyennes, mais le pouvoir protecteur de la lécithine est moins prononcé après l'injection de doses microbiennes massives. — M. **André Paillot** : *Nouveau type de pseudo-grasserie observé chez les chenilles d'Euxoa* segetum. Ce nouveau type constitue une entité morbide définie, différente des autres types de pseudo-grasserie 1 et 2 étudiés précédemment ; elle sera désignée sous le nom de pseudo-grasserie 3. Elle présente un caractère beaucoup plus malin que les deux autres et paraît très contagieuse, aussi bien par voie intestinale que par voie sanguine ; les lésions cellulaires ne sont apparentes que 10 à 12 jours après la contamination à la température de 10° environ. L'agent est un ultravirus visible aux grossissements ordinaires du microscope.

Séance du 27 Décembre 1937.

1° Sciences mathématiques. — M. **G. Giraud** : *Nouvelle méthode pour traiter certains problèmes relatifs aux équations du type elliptique.* — M. **M. Krasner** : *Rectification à ma note : Définition de certains anneaux non commutatifs.* — M. **P. Dubreil** et Mme **M.-L. Dubreil-Jacotin** : *Propriétés algébriques des relations d'équivalence ; théorèmes de Schreier et de Jordan-Hölder.* — M. **J. Le Roux** : *La définition analytique de l'égalité en Géométrie.* — M. **R. de Misès** : *La base géométrique du théorème de M. Mandelbrojt sur les points singuliers d'une fonction analytique.* — M. **P. Lévy** : *Sur certaines solutions de l'équation de Chapman.* — M. **D. S. Nitrinovitch** : *Un problème sur les lignes asymptotiques et la méthode de l'intégration logique des équations différentielles de M. J. Drach.* — M. **P. Bergmann** : *Sur un lien entre la théorie des équations aux dérivées partielles et celle des fonctions analytiques d'une variable.* — M. **C. Biggeri** : *Théorème général sur les singularités périphériques des séries de Dirichlet.* — M. **Caïus Jacob** : *Sur le calcul approché du coefficient de contraction d'un jet gazeux.* — M. **J. Yvon** : *Sur les équations tensorielles de l'électron magnétique.*

2° Sciences physiques. — M. **H. Deslandres** : *Constante universelle des spectres de bandes. Attribution des raies de la bande à d'autres causes que la rotation de la molécule.* L'auteur est conduit une fois de plus à faire la critique de la rotation moléculaire comme la cause des raies de bandes. Dans le spectre infra-rouge de ClH tout se passe comme si les raies dites de rotation étaient dues à l'excitation des 17 électrons de Cl, et la raie de vibration à l'excitation du premier anneau seul, formé de 7 électrons. Il y a là une indication sur l'origine de la raie attribuée jusqu'ici à la rotation. — M. **H. Devaux** : *La révélation instantanée des lames monomoléculaires étalées sur le mercure par la formation d'une buée.* Sur une surface de mercure parfaitement propre, l'auteur répand un nuage très léger de poudre de talc, puis il touche le milieu avec un fil de verre portant une trace d'huile. Il se produit brusquement un cercle parfait par écartement du talc. En envoyant sur la surface du mercure de l'air saturé d'humidité, on voit aussitôt le voile monomoléculaire d'huile apparaître en blanc éclatant, par formation d'une buée épaisse qui tranche sur la buée plus pâle apparue tout autour sur le mercure libre. Cette expérience peut être répétée avec une multitude de substances à affinités lipoïdiques. — M. **R. Pinoir** : *Une méthode de mesure des densités de charges électrostatiques.* — Mlle **S. Vecl** : *Sur les confrontations des métaux au platine dans les solutions de leurs propres sels.* L'auteur a étudié l'abaissement de la f. é. m. de la chaîne Cu-Cl^2Cu-Pt par dilution croissante de la solution cuivrique. Partant, à la saturation, d'une valeur de l'ordre de 0,60 volt, elle tend, aux grandes dilutions, vers 0,15 v., qui caractérise le cas de l'eau pure. — MM. **S. Procopiu** et **G. d'Albon** : *Perméabilité magnétique à haute fréquence des couches minces de fer déposées électrolytiquement.* La perméabilité magnétique des couches de fer épaisses de 35 mμ à la valeur 1. — M. **P. Granwin** : *Caractéristique de l'émission thermoélectronique du molybdène thorié.* Le domaine d'activation s'étend de 1.500° K. à environ 1.800 K. La vitesse d'activation est maximum vers 1.750 K, ceci quel que soit l'âge du filament. Au-dessus de 1.750 K, il y a toujours désactivation. — M. **J.-P. Mathieu** et Mlle **N. Faraggi** : *Etude de la lumière polarisée circulairement réfléchie par certains Coléoptères.* Les auteurs ont rencontré la polarisation circulaire chez plusieurs Coléoptères sans écailles des genres *Anomala*, *Cetonia*. Le dichroïsme circulaire est dû ici à ce que la lumière émergente est privée d'une de ses composantes circulaires non par absorption sélective, mais par réflexion sélective. Ces phénomènes rappellent ceux que l'on observe chez les lames cholestériques stratifiées. — M. **R. Arnoult** : *Sur l'intensité des principales raies électroniques de conversion du dépôt actif du thoron et sur l'efficacité photographique des électrons.* — MM. **J. Thibaud** et **M. Ferber** : *Sur l'indépendance des désintégrations des atomes de polonium.* — M. **P. Brun** : *Etude des propriétés des ions métalliques dans l'alcool.* Les résultats obtenus pour les ions Na et K sont un peu plus faibles que ceux qu'on obtient en solution aqueuse. — MM. **G. Champetier** et **R. Viallard** :

Sur la pénétration de l'eau dans le réseau de la cellulose. Réaction d'échange entre la cellulose et l'eau lourde. Dans cette réaction l'échange porte exactement sur 3 atomes d'H par groupe glucose. On en déduit que l'eau lourde a pénétré dans toute la masse cellulosique; il doit en être de même de l'eau ordinaire. — M. **M. Dobine** : *Adsorption par le charbon de sang du système acide acétique-eau.* Avec du charbon humide, l'adsorption croît avec la concentration, pour atteindre une limite constante à partir de 4,6 N. Avec du charbon desséché, elle accuse un maximum environ à la même concentration, puis descend pour se relever vers 16.2 à 17,3 N en prenant sensiblement la forme d'un S. — M. **E. Moles** : *La correction d'adsorption dans la méthode des densités-limites.* Les valeurs obtenues soit avec du verre de Thuringe, soit avec du verre d'Iéna sont pratiquement identiques après la correction d'adsorption; cette dernière dépasse de beaucoup soit l'erreur probable, soit la différence entre les valeurs moyennes de la densité. Toutes les mesures de précision doivent donc dans l'avenir comporter la correction d'adsorption déterminée par voie expérimentale dans chaque cas. — M. **W. Heller** et Mlle **G. Quimfe** : *L'influence d'une orientation des particules colloïdales non sphériques sur leur vitesse d'agrégation.* L'immobilisation des particules colloïdales est plus rapide sous l'action du champ magnétique. Il sera nécessaire de tenir compte de cet effet accélérateur toutes les fois que, lors d'une coagulation, les particules non sphériques peuvent être en partie orientées. — M. **Ed. Rencker** : *Sur la trempe et le recuit du verre d'anhydride borique.* Il semble que ce verre puisse se présenter aux températures inférieures à 207°, comme les verres d'optique, sous deux formes α et β, la forme β moins stable tendant à se transformer en α. Entre 207° et 280° on pourrait observer l'équilibre entre α et β, tandis que la variété β serait seule stable aux températures.

3° Sciences naturelles. — M. **Jean Gubler** : *Les unités structurales et paléogéographiques entre Fez et le Sebou (Maroc septentrional).* On rencontre du Sud au Nord : 1° le bassin néogène de Fez ; 2° les structures écaillées, parautochtones du Tratt et du Zalagh, où la molasse burdigalienne est transgressive sur le Lias et le Jurassique ; 3° l'unité du Bertal, séparée des précédentes par un contact anormal, mais constituée de plis réguliers. L'Oligocène y est transgressif sur le Crétacé supérieur et diminue de puissance du Sud au Nord. Il passe verticalement sans lacune au Vindobonien ; 4° l'unité du Sebou, où localement s'observe le passage normal du Crétacé supérieur au Nummulitique. Le chevauchement de cette unité sur celle du Bertal est visible sur plusieurs kilomètres. — M. **Georges Choubert** : *Sur le Lias du Haut-Atlas oriental et des Hauts-Plateaux.* — M. **Jean Sagatzky** : *Le système Tarkwaien dans l'Ex-Haute-Volta.* — M. **Pierre Dangeard** : *Sur la présence de pyrénoïdes chez quelques Vauchéries.* L'auteur a observé plusieurs Vauchéries d'eau douce ou d'eau saumâtre se distinguant par des chloroplastes pourvus de pyrénoïdes par leur reproduction sexuée particulière et la fréquence des aplanospores comme moyen de reproduction asexuée. — MM. **Jacques Rabaté** et **Jean Dussy** : *Sur un holodiglucoside nouveau retiré du sophoraflavonoloside.* Le sophorose, holodiglucoside réducteur, a été obtenu à l'état cristallisé sous la forme α. La liaison holosidique est une liaison β. Il cristallise avec une molécule d'eau et sa forme brute est $C^{12}H^{22}O^{11}.H^{2}O$. Il renferme 8 hydroxyles acétylables. Il est hydrolysable par les acides dilués à chaud et par l'émulsine en fournissant du *d*-glucose. Par ses constantes physiques, il diffère du gentiobiose et du cellobiose. — M. **Victor Plouvier** : *Sur la présence d'amygdonitrileglucoside dans le genre* Cotoneaster *et quelques autres Rosacées.* Il semble que, chez les Rosacées (Amygdalées et Pomacées), l'amygdonitrile se trouve dans tous les organes à l'exception des graines. L'amygdaloside se trouve essentiellement, sinon uniquement, dans les graines. — M. **Emile Miège** : *Sur les qualités boulangères des* Triticum, *des Ægilops et de leurs hybrides.* Tous les *Ægilops* ont une teneur en gluten élevée, beaucoup plus forte que celle des *Triticum*. Les caractères extensimétriques se comportent, dans les hybrides, comme la composition chimique, c'est-à-dire que le taux de gluten est dominant et beaucoup plus près d'*Ægilops* que de *Triticum*; l'humidité et l'élasticité sont transgressives et plus élevées que dans chacun des parents, dont, par contre, la ténacité (P) et le (W) demeurent supérieurs. Au point de vue de la panification la plupart des caractères d'*Ægilops* sont uniformes et voisins de ceux de *Trit. durum* ; par contre *Trit. vulgare* est franchement dissemblable. Les hybrides sont caractérisés par une amélioration très sensible de la qualité; on observe une diminution du pouvoir d'hydratation, de l'humidité et du poids spécifique du pain et une augmentation de son volume. La qualité du pain se comporte ici comme un caractère transgressif. — M. **Joseph Lefèvre** : *Quelques effets observés comme suite au traitement de graines et de boutures par diverses substances et spécialement par l'hétérauxine.* — M. **André Hollande** : *Les Amibes du type* limax, *dans leurs rapports avec les Flagellés.* Les Amibes du type *limax* ne sont que des stades évolutifs de Flagellés. Le type *Tetramitus* appartient par son évolution, par sa morphologie, au type *Vahlkampfia*. Il y a lieu d'isoler tous ces Flagellés dans un groupement autonome, la famille des *Vahlkampfidae*, parmi les Protomastigines. — M. **Pierre Drach** : *L'origine du calcaire dans le squelette tégumentaire des Crustacés Décapodes.* Si la première consolidation de la carapace met en œuvre les réserves calciques internes, si l'alimentation peut accessoirement fournir du calcaire aux Crustacés, c'est l'eau de mer qui représente pour eux la source essentielle de calcium; les ions Ca y sont absorbés sélectivement, vraisemblablement au niveau de la surface branchiale, où la chitine reste mince et perméable. — M. **Daniel Auger** : *Excitation d'un entre-nœud de Nitella par le courant d'action d'un entre-nœud contigu, addition latente.* — MM. **Marius Piéry**, **Jean Enselme** et Mlle **Simone Petel** : *Recherches au sujet de l'influence des eaux minérales sur la respiration tissulaire. Constitution d'un système de recherches au moyen de la technique de Warburg.* *(A suivre.)*

Le Gérant : Gaston Doin.

Sté Gle d'Imp. et d'Ed., 1, rue de la Bertauche, Sens. — 3-38.